



Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Mecánica

**“Diseño de un sistema de ventilación mecánica para
asegurar la concentración permisible de monóxido de
carbono en el estacionamiento subterráneo del
edificio de la Escuela Nacional de Control de la
Contraloría General de la Republica”**

Autor: Yampier Alberto Marcial Valladares

Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Asesor: Ing. Guillermo Alejandro Rengifo Abanto

Lima, Marzo del 2019

Dedicatoria:

Esta investigación va dedicada principalmente a mi hija Cataleya y a mi esposa Susan, mis mayores bendiciones, además a mis padres Luis y Socorro, ellos son mi inspiración y mis incondicionales soportes.

AGRADECIMIENTO

En esta investigación tengo que agradecer a la empresa en la cual me desempeño porque gracias a ellos y en el especial al Ing. Yanio, durante mucho tiempo he adquirido los conocimientos que me están ayudando a desarrollar este amplio trabajo.

INDICE

RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCION.....	xvi
CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	18
1.1. Planteamiento del problema.....	18
1.2. Formulación del problema.....	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. Justificación e importancia	21
1.5. Limitaciones del proyecto.....	22
1.6. Alcances del proyecto	23
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO	24
2.1. Antecedentes de la investigación.....	24
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	24
2.1.2. Antecedentes internacionales	27
2.2. Bases teóricas.....	29
2.2.1. Exigencias en el ambiente	29
2.2.1.1. El aire contaminado.....	29
2.2.1.2. Concentración permisible de CO	35
2.2.2. Sistemas de ventilación.....	36
2.2.2.1. Según la forma de disposición del recinto.....	37
2.2.2.2. Según la procedencia de la contaminación	38
2.2.2.3. Diferenciados por los equipos de distribución	41
2.2.2.4. Control por nivel de monóxido de carbono	43
2.2.3. Ventiladores.....	46
2.2.3.1. Tipos de Ventiladores	47
2.2.3.2. Principio de los ventiladores.....	54
2.2.3.3. Designación de ventiladores.....	55
2.2.4. Caudal de ventilación.....	57
2.2.4.1. Procedimiento de cálculo.....	58

2.2.4.2.	Cálculo del caudal de ventilación	62
2.2.5.	Sistema de ductos.....	64
2.2.5.1.	Principios de diseño.....	65
2.2.5.2.	Trayecto del sistema	70
2.2.5.3.	Velocidad del aire	71
2.2.5.4.	Rejillas de extracción	73
2.2.5.5.	Dimensionamiento de ductos	74
2.2.5.6.	Caídas de presión	77
2.2.5.7.	Consideraciones para la construcción.....	79
2.2.6.	Selección de equipos y accesorios.....	81
2.2.6.1.	Selección del ventilador	81
2.2.6.2.	Sensor de monóxido de carbono	84
2.3.	Definición de términos.....	87
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLOGICO		89
3.1.	Variables.....	89
3.1.1.	Definición Conceptual de las variables	89
3.1.1.1.	Variable Dependiente:.....	89
3.1.1.2.	Variable Independiente:.....	89
3.2.	Metodología	90
3.1.2.	Tipos de estudio	90
3.1.3.	Diseño de investigación	91
3.1.4.	Método de investigación	92
CAPÍTULO 4: METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA.....		93
4.1.	Análisis situacional.....	93
4.1.1.	Análisis del sector.....	93
4.2.	Alternativas de solución.....	94
4.2.1.	Sistema de ventilación mecánica por depresión	95
4.2.2.	Sistema de ventilación mecánica por sobrepresión.....	96
4.2.3.	Sistema de ventilación mecánica mixta	97
4.3.	Solución del problema	100
4.3.1.	Calculo de caudal de aire	100
4.3.1.1.	Caudal de aire sugerido.....	100
4.3.1.2.	Renovaciones de aire.....	102
4.3.1.3.	Procedimiento según ASHRAE	104
4.3.2.	Sistema de ductos.....	113

4.3.2.1.	Metodología de diseño de ductos.....	114
4.3.2.2.	Ruta del sistema	114
4.3.2.3.	Velocidad del aire.....	115
4.3.2.4.	Rejillas de extracción	116
4.3.2.5.	Dimensionamiento de ductos metálicos por el método de igual fricción	117
4.3.2.6.	Calculo de caída de presión de accesorios	127
4.4.	Recursos humanos.....	155
4.5.	Análisis financiero	156
CAPÍTULO 5: ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS		164
5.1.	Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio	164
5.2.	Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación	165
5.3.	Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce (causa y efectos).....	167
CONCLUSION		169
RECOMENDACIONES		171
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		172
ANEXOS.....		174

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Como forma los gases de la combustión en varias circunstancias de arranque del vehículo.	34
Tabla 2. Muestra de enfermedades reportadas por la inhalación de monóxido de carbono	35
Tabla 3. Tiempo de exposición de personas con el monóxido de carbono con respecto a la escala de concentración permisible de este gas	36
Tabla 4. Requisito de caudal del fluido por cada estacionamiento.....	58
Tabla 5. Requisito del área del fluido por cada estacionamiento	59
Tabla 6. Renovaciones de aire por hora para cada estacionamiento encapsulado.....	59
Tabla 7. En hora de mayor afluencia el porcentaje de vehículos en movimiento	62
Tabla 8. Emisiones en estacionamientos.....	63
Tabla 9. Valores de rugosidad absoluta en diversos materiales usados en la implementación.....	69
Tabla 10. Velocidad del aire con respecto al ruido que hacen en la entrada del fluido	72
Tabla 11. Velocidad del aire atendiendo al ruido en ductos.....	72
Tabla 12. Características para el cálculo de ductos.....	77
Tabla 13. Espesores de plancha galvanizada	79
Tabla 14. Clase de presión en ductos	80
Tabla 15. Conceptos para elegir el sensor de monóxido apropiado.....	85
Tabla 16. Propiedades del sensor de monóxido de carbono	85
Tabla 17. Matriz de para decidir alternativa de solución	99
Tabla 18. Requerimientos de ventilación por vehículo en un estacionamiento	101
Tabla 19. Requerimientos de ventilación por unidad de área en un estacionamiento	101
Tabla 20. Numero de estacionamientos	101
Tabla 21. Renovaciones de aire por hora para estacionamientos sin ventilación natural	103

Tabla 22. Área útil de cada estacionamiento	103
Tabla 23. Porcentaje de vehículos en circulación en un estacionamiento en hora con amplia concurrencia.....	105
Tabla 24. Emisiones en estacionamientos.....	106
Tabla 25. Recolección de datos	108
Tabla 26. Valores calculados según ecuación 1 y 2	109
Tabla 27. Valores calculados según ecuación 2 y 3	110
Tabla 28. Caudal real por estacionamiento	113
Tabla 29. Numero de rejillas.....	115
Tabla 30. Selección de velocidad del aire.....	115
Tabla 31. Velocidad de extracción real.....	116
Tabla 32. Velocidad máxima recomendada para conductos de aire	117
Tabla 33. Dimensiones de ductos en tramos del estacionamiento 1.....	126
Tabla 34. Valores de caudal de inyección y extracción para cada sótano	130
Tabla 35. Características de los ventiladores de extracción seleccionados	131
Tabla 36. Características de los ventiladores de extracción seleccionados	132
Tabla 37. Características del sensor de monóxido de carbono.....	132
Tabla 38. Matriz de evaluación de riesgos.....	147
Tabla 39. Tabla de actividades de instalación del proyecto	153
Tabla 40. Costo de recursos humanos	155
Tabla 41. Sanciones de incumplimiento de reglamentación	156
Tabla 42. Tabla de metrado del sistema de ventilación	157
Tabla 43. Tabla de análisis de precios unitarios	158
Tabla 44. Tabla de cálculo de inversión y costo operativo del proyecto.....	160
Tabla 45. Concentración aproximada de monóxido de carbono antes del proyecto	166
Tabla 46. Concentración aproximada de monóxido de carbono después del proyecto..	167

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ventilación común en el ambiente.....	37
Figura 2. Ventilación exterior.....	39
Figura 3. Ventilación localizada total	40
Figura 4. Ventilación por sobrepresión	42
Figura 5. Ventilación por depresión.....	43
Figura 6. Sistemas de ventilación controlados con sensores de monóxido y se observa el ahora de energía de un control con otro	45
Figura 7. Análisis de los movimientos de 3 vehículos con las concentraciones de monóxido de carbono que despiden	45
Figura 8. Ventilador axial con aletas guía.....	48
Figura 9. Ventilador tuboaxial.....	49
Figura 10. Ventilador helicoidal	49
Figura 11. Ventilador centrífugo	50
Figura 12. Rotor con álabes de grosor uniforme	51
Figura 13. Rotor con álabes aerodinámicos	52
Figura 14. Rotor con álabes radiales.....	52
Figura 15. Rotor con álabes radiales modificados.....	53
Figura 16. Curva característica del ventilador	56
Figura 17. Curva del sistema de ventilación	56
Figura 18. Propiedades de las curvas de selección del sistema de ventilación y los equipos ventiladores	57
Figura 19. Método según ASHRAE	62
Figura 20. Flujos laminar, en transición y turbulento.	65
Figura 21. Rejilla de aleta ajustable para ducto – Serie 20,2.....	74
Figura 22. Variación de presiones en el fluido para los ductos.....	78
Figura 23. Reforzamientos intermedios.....	81

Figura 24. Ventilador de flujo mixto de la serie QMX de LOREN COOK	83
Figura 25. Ventilador centrífugo de simple entrada de serie CPS de LOREN COOK	84
Figura 26. Sensor de monóxido de carbono AG01	85
Figura 27. Ventilación por depresión	95
Figura 28. Ventilación por depresión	96
Figura 29. Ventilación mixta	98
Figura 30. Factores de dilución en locales con diferentes tipos de distribución	112
Figura 31. Detalle de un ducto de transición de sección	127
Figura 32. Corte de instalación de equipo de extracción de monóxido de carbono	130
Figura 33. Cronograma de obra	152
Figura 34. Diagrama de PERT CPM- Ruta critica	154

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plano de dimensión de cuarto de máquinas.....	175
Anexo 2. Plano de dimensión de estacionamiento 4	177
Anexo 3. Plano de dimensión de estacionamiento 3	179
Anexo 4. Plano de dimensión de estacionamiento 2	181
Anexo 5. Plano de dimensión de estacionamiento 1	183
Anexo 6. Plano de ruta del sistema de cuarto de máquinas.....	185
Anexo 7. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 4	187
Anexo 8. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 3	189
Anexo 9. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 2	191
Anexo 10. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 1	193
Anexo 11. Rejilla de retorno de aire marca KOOLAIR.....	195
Anexo 12. Gráfica para seleccionar el factor de fricción.....	196
Anexo 13. Gráfica para seleccionar sección del ducto rectangular según diámetro equivalente	197
Anexo 14. Ficha técnica del sensor de monóxido de carbono para el proyecto.....	198
Anexo 15. Ficha técnica de la selección del extractor EC-01,02	199
Anexo 16. Ficha técnica de la selección del extractor IC-01,02.....	200
Anexo 17. Plano de desarrollo del sistema de extracción cuarto de equipos	201
Anexo 18. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 4.....	203
Anexo 19. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 3.....	205
Anexo 20. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 2.....	207
Anexo 21. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 1	209
Anexo 22. Plano de desarrollo del sistema de extracción azotea.....	211
Anexo 23. Plano de corte del edificio	213
Anexo 24. Plano de detalles de instalación	215
Anexo 25. Protocolo de pruebas de equipos de ventilación	217

Anexo 26. Prueba de equipos de ventilación	217
Anexo 27. Protocolo de instalación de ductos	218
Anexo 28. Protocolo de mantenimiento.....	219
Anexo 29. Programa de mantenimiento	222

Símbolos y términos técnicos

Símbolo	Descripción	Unidades
A	Área de la sección del ducto	mm^2
A_p	Área del piso del estacionamiento	m^2
$A_{p,r}$	Área de piso por rejilla	m^2
$A_{ef,calc}$	Área efectiva calculada de rejilla	m^2
$A_{ef,real}$	Área efectiva real de rejilla	m^2
C	Coeficiente de correlación en base a CO_{max}	$(\text{l/s})/(\text{m}^2/\text{s})$
C_O	Coeficiente de pérdidas de presión	-
CO_{max}	Concentración máxima admisible de monóxido de carbono	ppm
D	Diámetro del conducto	m
D_{eq}	Diámetro equivalente del ducto rectangular	mm
D_{eq}	Diámetro equivalente del ducto rectangular	mm
E	Emisión de monóxido de carbono promedio	g/h
f	Factor de fricción	-
g	Gravedad	m/s^2
G	Generación máxima de monóxido de carbono por área	$\text{g}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
G_O	Generación de monóxido de carbono referencial	$\text{g}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
h	Altura del punto respecto al plano d referencia	m
H	Altura del ducto rectangular	mm
K	Factor de seguridad para contemplar mezclas incompletas	mm
L	Longitud del ducto	m
N	Número de vehículos en operación	-
N_o	Capacidad total de vehículos	-
p_d	Presión dinámica	Pa
p_e	Presión estática	Pa
p_t	Presión total	Pa
q	Caudal mínimo de ventilación por unidad de área	$\text{l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$
Q	Caudal mínimo de ventilación	l/s
Q	Caudal	m^3/s
Q_r	Caudal de extracción total	l/s
Re	Numero de Reynolds	-
S	Área de la sección del ducto	m^2
t	Tiempo de operación del vehículo en el estacionamiento	s
v	Velocidad del fluido dentro del conducto	m/s
v_{ex}	Velocidad de extracción del aire	m/s
V	Volumen del ambiente a trabajar	m^3
W	Ancho del ducto	mm
Δp	Caída de presión del sistema	Pa
Δp_d	Perdidas de presión dinámicas	Pa
Δp_f	Perdidas de presión por fricción	Pa
μ	Viscosidad dinámica del fluido	$\text{Kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$
ρ	Densidad del fluido	Kg/m^3

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se ejecuta el diseño de ventilación mecánica para los estacionamientos subterráneos que están comprendidos por los 4 sótanos del edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la República del Perú, se ha procedido a hacer el cálculo para la ventilación de solo un sótano y se mostrará los resultados de los otros 3 niveles inferiores del estacionamiento, debido a que los 4 sótanos identificados de la edificación en mención son idénticos en su forma y dimensión. Según el informe se señala lo siguiente:

En el capítulo 1, se presentan los problemas y se elaboran los objetivos tanto generales como específicos, para luego definir una relación entre ellos y además contar con la justificación para la ejecución del proyecto, de esa forma tener claridad de su desarrollo.

En el capítulo 2, se presenta el marco teórico, el cual muestra las bases teóricas y científicas sobre: las exigencias del aire, sistemas de ventilación, ventiladores, cálculo del caudal del flujo de aire, sistema de ductos, selección de equipos y ventiladores, además de una serie de conceptos que ayudan a entender el problema y su camino hacia la solución.

En el capítulo 3, se establece el marco metodológico, en donde se describe las variables, dependiente e independiente con su interacción entre ellas, además se desarrolla la metodología que muestra una relación entre el método de investigación y su importancia entre cada una de ellas.

En el capítulo 4, se analiza el problema con sus respectivas variables físicas, de cómo se origina y cuáles son sus consecuencias, para luego brindar una solución de acuerdo a los parámetros establecidos dentro de las bases teóricas del capítulo 2 y generar un ambiente limpio y saludable para las personas que transitan cotidianamente en el recinto.

En el capítulo 5, se analizan los resultados obtenidos en los cálculos previos, como la obtención de un valor de concentración de monóxido de carbono admisible y permisible para los estándares de salud, de esta forma se demuestra que la solución planteada tiene credibilidad frente a los requerimientos del proyecto.

Finalmente se llegó a la conclusión que el diseño del sistema de ventilación mecánica que se hizo en el informe es el más adecuado y efectivo, debido a que según las pruebas realizadas el aire que circula dentro de los estacionamientos es el más limpio y de calidad para los usuarios, y este tiene un valor de 25 ppm de concentración de monóxido de carbono, por lo cual, el aire no generaría problemas en la salud de las personas, además está dentro del rango establecido por la ASHRAE Y RNE.

INTRODUCCION

Se asume que el tipo de edificaciones que se mantienen en estos últimos tiempos en la ciudad son de manera vertical, y por lo general estos ambientes de estacionamientos se pueden encontrar en los niveles inferiores de los edificios, sin embargo, debido a la difícil circulación del aire, que lo ideal sería conservar óptimas condiciones para las personas que con frecuencia usan estos ambientes, podría ser una consecuencia dañina para la salud de estas personas. El gas tóxico principal que se genera en estos recintos es el gas de monóxido de carbono (CO), que se da a causa de la expulsión de gases de los vehículos con motor que despiden este contaminante con mayor frecuencia y cantidad, por la operación de sus motores que utilizan combustibles fósiles.

Este proyecto tiene como objetivo principal el diseño de un sistema de ventilación mecánica para controlar la concentración máxima permisible de monóxido de carbono y de esta manera proteger y salvaguardar la salud integral de los ocupantes dentro del ambiente, por tal motivo se debe suministrar un aire limpio y de calidad.

Se tiene que tener en cuenta que ir paso a paso en el desarrollo es importante, por tal motivo para alcanzar este objetivo se tomaran los siguientes objetivos específicos:

- Definir el caudal de aire requerido para asegurar la concentración de monóxido de carbono sea por debajo de nivel permisible.

- Diseñar un apropiado sistema de ductos que permite extraer y guiar adecuadamente el aire contaminado hacia el exterior e ingresar el aire limpio a los estacionamientos.
- Elegir los equipos y accesorios precisos para permitir el buen funcionamiento del sistema diseñado.

Para asegurar dichos parámetros, se manejarán las características de cálculo que brinda tanto del ASHRAE, el cual detalla el trabajo de ventilación mecánica desde una conglomeración de CO, como la del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) que indica un número de renovaciones por hora (rev/h) por cada unidad de área. Los sistemas de ductos se diseñarán teniendo en cuenta las condiciones del área, se tendrá que asumir la perdidas de presión en el recorrido que toman los ductos y además los accesorios que se instalarán, conseguir este resultado será muy importante, puesto que, puede tener injerencia en el cálculo eléctrico del motor del ventilador y la presión total a vencer por este. Como ya se ha dicho anteriormente para este proyecto de diseño se tendrá 4 sótanos, de los cuales solo se hará el diseño de uno de ellos, dado que los otros 3 son de similares condiciones físicas al que se desarrollará.

Este proyecto solo se diseñará para que ingrese aire limpio y salga el aire contaminado de los 4 niveles de sótanos subterráneos. No se tomará en cuenta la implementación del sistema.

CAPÍTULO 1:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Hace algunos años ser propietario de un vehículo era todo un lujo, solamente lo podían adquirir personas que mantenían un estatus económico de clase alta. Desde aquellos tiempos hasta estas épocas aquel lujo dejó de serlo tanto así, para llegar a ser por muchas razones una necesidad. Los vehículos han facilitado la tarea de muchas personas, sobre todo disminuyendo los tiempos de recorrido entre un punto y otro. El parque automotor en el mundo creció increíblemente con la creación de nuevas tecnologías, nuevas marcas de vehículos y diversas estrategias de ventas, se sabe que este tuvo un crecimiento en un ritmo constante del 20% en su fabricación en cada año, de tal modo que la venta de vehículos en el mundo ha ido creciendo aceleradamente.

De tal forma que, considerando el crecimiento económico del Perú que ahora se mantiene constante desde hace muchos años en un promedio de 4% anual, en las últimas décadas la adquisición de vehículos 0 km que vienen de importación se ha multiplicado considerablemente. Desde el 2010 al 2018, la adquisición de vehículos en el Perú pudo llegar a un desarrollo sostenible de 63%, poniéndolo en el segundo o tercer lugar en este rubro en Sudamérica. El parque automotor esencialmente de la capital del Perú es inmensa en su mayor porcentaje de autos particulares.

Ante este imparable y continuo incremento en la cantidad de vehículos dentro de la ciudad, se considera necesaria la edificación de estacionamientos que mantengan lo mejor posible el espacio vertical y disponible que se disponga. Los edificios ya sea subterráneos y por encima del nivel 0 han logrado solucionar lo que respecta al problema antes de la colocación de estacionamiento, sin embargo, debido a la falta de ventilación natural, presentan un problema más grave aún, que por el motivo de la falta de espacios públicos no tenga un aire purificado para las personas.

El problema que ahora surge que también es más peligroso para los estacionamientos, es que no cuentan con ventilación natural ya que son cerrados, lógicamente por ser ambientes cerrados, que se encuentran en el interior del edificio, puede producirse grandes concentraciones de monóxido de carbono, que se manifiestan por la operatividad de los vehículos motorizados. Los estacionamientos que se encuentran en ambientes cerrados que pueden ser subterráneos, es casi imposible tener un punto de acceso directo con el exterior y de manera que permita asegurar la evacuación de los gases contaminantes.

Cuando un vehículo motorizado ingresa y se moviliza en su espacio para estacionar en el establecimiento de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la Republica ubicado en la avenida Arequipa, presentan graves problemas de calidad del aire limpio, por las máximas concentraciones de monóxido de carbono que se producen en su entorno, debido a gases de combustión emitidos por los vehículos que se movilizan en los ambientes.

La exposición por un periodo largo de este gas para las personas en estos recintos, puede producir hasta la muerte por envenenamiento, debido a que, este gas se combina muy rápido con la hemoglobina de la sangre, contenida en los glóbulos rojos o eritrocitos, y reduce a veces a niveles fatales, la capacidad de transporte de oxígeno de los pulmones a las células del organismo. Los datos de estudios revelan que en un sótano la concentración de monóxido de carbono anda por encima de 40 000 ppm.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿De qué manera el diseñar un sistema de ventilación mecánica dentro del estacionamiento subterráneo, puede controlar y asegurar la calidad de aire limpio?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo calcular el caudal requerido para asegurar la concentración de monóxido de carbono en el nivel permisible?
- ¿De qué manera el diseñar un apropiado sistema de ductos puede guiar adecuadamente el aire contaminado extraído hacia el exterior e ingresar el aire limpio a los estacionamientos?
- ¿En qué medida el elegir los equipos y accesorios precisos puede permitir el buen funcionamiento del sistema diseñado?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de ventilación mecánica en el estacionamiento subterráneo del sótano 1, 2, 3 y 4 para el edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la Republica, para controlar y asegurar la calidad de aire limpio.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el caudal de aire requerido para asegurar la concentración de monóxido de carbono por debajo de nivel permisible.
- Diseñar el sistema apropiado de ductos para guiar adecuadamente el aire contaminado extraído hacia el exterior e ingresar el aire limpio a los estacionamientos.

- Elegir los equipos y accesorios precisos para permitir el buen funcionamiento del sistema diseñado.

1.4. Justificación e importancia

El rubro del HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioned) en el Perú, cada vez es más competitivo y a la vez produce mucha rentabilidad, hace algunos años implementar un sistema de aire acondicionado o un sistema de ventilación mecánica podría asegurar un lujo o un gasto innecesario en la propuesta de innovación de las construcciones en el país, por consiguiente ante el crecimiento económico sostenido debido a la expansión de centros comerciales, industrias y por el punto más importante que son los cambios climáticos en el planeta han hecho que esto no sea un lujo, sino una necesidad.

Ante la necesidad de la entidad de dar un servicio de calidad, no solo en el campo que brindan de la educación, sino también para tener un ambiente agradable y seguro para sus usuarios se hizo una licitación para la adjudicación de ofrecer al mejor postor el sistema ya mencionado anteriormente, por lo cual se le dio a la empresa la adjudicación de realizar el proyecto de desarrollo del diseño de ingeniería para la extracción de monóxido de carbono de los estacionamientos de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría de la República del Perú que consta de 4 sótanos de diferentes niveles.

Actualmente en la construcción de un edificio siempre se tiene que tomar en cuenta la implementación de un sistema completo de ventilación mecánica para los niveles inferiores de estacionamientos.

La importancia de este proyecto radica en la necesidad de corregir la concentración de monóxido de carbono que se genera en los espacios de concentración de vehículos motorizados como los sótanos, puesto que, estos establecimientos no cuentan con ventilación natural, de esa manera si alguna persona inhala este gas que es imperceptible para los sentidos, puede causarle problemas de salud, y lo más peligroso es que se puede llegar a una muerte lenta y segura.

El ingreso de los vehículos al estacionamiento será de manera constante sin impedimento; como consecuencia de esto la concentración de monóxido de carbono estará por encima de los 25 000 ppm según el tipo de vehículo que ingrese y el tiempo que este permanezca encendido, en marcha o parado. Cabe mencionar que la concentración máxima permisible de monóxido de carbono para los ambientes donde concurren personas según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma EM.030 menciona que será en 50 ppm. Por tal motivo según las normas generales vigentes de diseño y cálculo para un sistema de ventilación para la extracción del gas de monóxido de carbono se hace por medio de las herramientas que tiene la ASHRAE, estos mantienen una regla para presentar un diseño de ingeniería de un sistema de ventilación mecánica es indispensable y tiene como finalidad establecer un espacio seguro para las personas que visitan constantemente con su vehículo motorizado a la Escuela de Nacional de Control Contraloría General de la República. Por medio de esta solución también se asegura que la concentración máxima de monóxido de carbono será de 30 ppm menor a la que sugiere el RNE.

1.5. Limitaciones del proyecto

- En el Perú los estudios sobre la exposición a los gases de monóxido de carbono son muy básicas, por lo que muchos de los datos que se brindan en este proyecto vienen de estudios de autores de fuera del Perú.
- Las normas con las que se basa estos estudios, de los cuales se recogieron los datos de concentración máxima permisible del gas de estudio que es el monóxido de carbono son diversas, por lo que se está tomando la más perjudicial para la salud.
- En el Perú no existe una norma vigente para el cálculo de sistema de extracción de monóxido de carbono por lo que este proyecto se basa en normas internacionales que rigen en este tema.

1.6. **Alcances del proyecto**

- Este proyecto es solo por el diseño de ingeniería, pero no por su implementación e instalación.
- El diseño es solo para evacuar los gases de monóxido de carbono y sus derivados, y no para evacuación de humos generado por algún incendio, solo ayudará a disminuir la carga de humo en el ambiente.
- El diseño del sistema eléctrico de los equipos y accesorios que se tendrán no será contemplado en este proyecto, puesto que, eso corresponde al especialista de dicho sistema.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

- a. **Torres Melgarejo, Mario. (2014). *Diseño de un sistema de ventilación para estacionamiento subterráneo de tres niveles*. Tesis inédita. Título de Ingeniería Mecánica. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.** Describió:

En el proyecto se planteó un diseño y la implementación del sistema, además se eligieron sistemas independientes en cada sótano de los estacionamientos del proyecto. De tal forma que al hacerse la operatividad del sistema, era preferible quitar el gas de forma constante y no del todo, porque este estaba por encima de la concentración permisible en algún cuadrante del ambiente. En los cálculos se tuvieron de referencia la acción de garantizar la evacuación del ambiente contaminado en cada nivel y contener una concentración de este gas, para que se mantuviera las 25 partes por millón de las cuales se hicieron en el cálculo inicial, de esta manera se garantizó la calidad del aire dentro del ambiente. Para cada sótano el número de caudal de ventilación fue de 9756 l/s para el primer sótano, 10365 l/s para el segundo sótano y 10975 l/s para el tercer sótano.

Este proyecto sirvió para obtener las bases de los cálculos establecidos en las bases teóricas y sirvieron como complemento a la información que se ha obtenido, porque también se requería una concentración de 25 ppm en cada uno de los establecimientos.

- b. García Centurión, Diego. (2016). Diseño de un sistema de ventilación para un estacionamiento subterráneo de once niveles de un edificio comercial. Tesis inédita. Título de Ingeniería Mecánico de Fluidos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Describió:**

Para este proyecto fue importante que se haya mantenido una apropiada distribución del aire limpio para cada uno de los accesos del estacionamiento, de alguna forma se trató de llegar hasta los espacios más alejados del recinto, para evitar el peligro de que los gases generados se queden en un solo lugar o corran hacia los sótanos contiguos, también se ejecutó para facilitar el trabajo de ingreso de los bomberos en caso de siniestro, para lo cual se colocó un sistema de ventilación mixta; por medio de rejillas de extracción en los puntos más adecuados para la extracción del monóxido de carbono, se consiguió que se ubiquen sistemas de extracción diferentes en cada nivel, colocando las rejillas de inyección de tal forma que su ubicación esté en lugares estratégicos de sobrepresión, también con equipos de inyección independientes en cada sótano.

Se hizo el diseño de un sistema de ventilación mecánica mixta, para que se pueda asegurar la concentración admisible de monóxido de carbono en 35 ppm, de esta manera se mantuviera un amplio control de los gases que se emiten dentro de los recintos señalados, también se obtuvo un aire de calidad y consiguió que las personas sientan tranquilidad al pasar por estos lugares.

- c. Salazar Mera, Esvin. (2017). Diseño del Sistema de Ventilación con Detención de Monóxido de Carbono (CO) para sótanos de un estacionamiento de un edificio multifamiliar. Tesis inédita. Título de Ingeniería Mecánico Electricista. Universidad Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Describió:**

Para este proyecto se planteó el diseño de un sistema ventilación mecánica, destinada para un edificio multifamiliar que contaba con 3 niveles uno sobre otro. El motivo por el cual se ejecutó el diseño y la implementación de este proyecto de ventilación mecánica para los estacionamientos subterráneos fue de mantener un ambiente seguro de concentración de monóxido de carbono en unos índices por debajo de 25 ppm, que lo que sugería el Código Internacional ACGIH Conferencia Estadounidenses de Higienistas Industriales del Gobierno TLV-TWA, que por 8 horas de exposición es la máxima concentración que soporte este ambiente; y con la IMC Código Internacional de Mecánica siempre sugería que el monóxido de carbono sea el eje central en la ejecución de este tipo de proyectos. En el Capítulo I, se señaló las características del proyecto, los contaminantes expuestos y su CMP en el medio ambiente; la ventilación y los diversos sistemas que la componen. Los ventiladores que se contaban en las turbomáquinas, equipos representativos en el sistema de ventilación mecánica tenían un diseño que su fin fue la ventilación con mayor extracción que inyección, con 05 rejillas para extraer el fluido en los estacionamientos. En todos los niveles de estacionamiento fue diseñado un sistema de detección de monóxido de carbono.

El caudal estimado que se calculó para ventilar cada nivel fue de 9 756 l/s en el sótano 1, 10 365 l/s en el sótano 2 y 10 975 l/s en el tercer sótano, y se siguió el procedimiento vinculado a la Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). Las medidas de los conductos se mantuvieron conservando la pérdida de presión continuo de 0,65 Pa/m y conservando la velocidad del fluido por debajo de lo que los especialistas en el rubro lo recomiendan. Se prepararon los cálculos para vencer la pérdida de presión en cada nivel, de 630,60 Pa en el sótano 1 682,10 Pa para el sótano 2 y 745,90 Pa para el tercer sótano. Se eligieron los ventiladores para que trabajen a las condiciones de caudal y presión antes calculada y expuesta, se consideró seleccionar ventiladores centrífugos; además se tuvieron en cuenta para los trabajos a realizar la elección de motores eléctricos, que dan movimiento a los

ventiladores, cada uno con su respectivo sistema de transmisión de fajas, que aseguraban su movimiento completo del fluido en mención.

2.1.2. Antecedentes internacionales

- a. Marín Tovar, Carlos. (2013). Diseño de un sistema de ventilación mediante el uso de CFD. Tesis inédita. Título de Ingeniería Mecánica. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. Describió:**

Para este proyecto de tesis se trabajó en el planteamiento de un sistema de ventilación mecánica, para extracción de fluidos de los estacionamientos de sótanos del proyecto “Elit Centro de Negocios”, que se construyó en la ciudad de Quito. Se propuso un sistema común el cual tenía como actividad en ductos de ventilación, ventiladores axiales y ventiladores por impulsión (Jet fans). El fluido entraba de la calle por los ductos de inyección, los jet fans que se encontraban en el suelo del primer nivel su función principal era conducir el aire hacia los estacionamientos y lo extraído lo arroja hacia la calle.

Para el diseño del proyecto se usaron las normas de la ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineer), las que rigen y dan conocimientos para el buena actividad del sistema. Fue importante calcular el fluido requerido a extraer por el estacionamiento, también fue importante elegir los mejores equipos y accesorios para el sistema. Para hacer un trabajo bueno de los jet fans, se hizo una representación en el software CFD (dinámica de fluidos computacional) como se dirigía el fluido dentro de los estacionamientos.

Para culminar se trabajó un presupuesto referencial de los equipos y accesorios, además de su instalación de lo antes mencionado.

- b. Arenas Moreno, Laura. (2013). Diseño del Sistema de Ventilación y Protección contra Incendios de un Aparcamiento Subterráneo. Tesis inédita. Título de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. Describió:**

En este proyecto se trabajó para poder mantener ventilados los ambientes de los estacionamientos subterráneos y la instalación general. También se hizo un diseño de ventilación que cuide el ambiente ante cualquier eventualidad de incendio de esta forma pueda ayudar a las personas a evacuar del recinto.

Según se realizó cada uno de los cálculos que se representan en cada uno de los capítulos, se ha usado todas las herramientas que se tienen a disposición, sin dejar de manifestar o estar dentro de las normas vigentes internacionales y sobre todo del reglamento nacional de edificaciones.

Se estudió la trascendencia de la implementación de la obra sobre el entorno, llevando a cabo un estudio de impacto acústico; y también la trascendencia sobre el bienestar de los trabajadores y evitar el riesgo de accidente, mediante un estudio de seguridad y salud.

Por último se hizo la selección de los diversos equipos, accesorios sobre todo de los materiales que cumplieran con las consideraciones técnicas, calidad, coste y sobre todo las normas y cálculos vigentes dentro del proyecto establecido.

- c. Chimbo Pérez, Lorena, Ortiz Cabezas, Leandro. (2012). Diseño de un sistema de extracción localizada de gases y polvos del proceso de reconstrucción mecánica de turbinas hidráulicas y su manejo para el control de impacto ambiental. Tesis inédita. Título de Ingeniería Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Describió:**

Para este proyecto se tuvo un diseño y los cálculos de un sistema de ventilación ubicada o localizada de polución como gases y polvos de todo el proceso de construcción mecánica de redes hidráulicas que mantenían limpio los ambientes que lo albergan. Esto se realizó para la central hidroeléctrica Agoyan, la cual es una entidad del estado en dicho país, de tal forma que su funcionamiento era producir energía eléctrica.

Esta entidad mantenía una generación de energía eléctrica de 160 MW, ubicada en baños, Provincia de Tungurahua, luego se proyectó un trabajo para operar un taller industrial para la edificación mecánica de una fábrica que generaba energía eléctrica para el territorio nacional. Los ambientes de reconstrucción de estas grandes plantas eran: tratamientos térmicos. Balanceo de rodets, mecanizado en tornos CNC, metalizado, desbaste, pulido y soldadura, trabajos mecánicos en general, y los ensamblajes donde se encuentra el proyecto.

Lo que motivó a la investigación proyectada fue mantener un ambiente limpio y adecuada para la salud en todos los ambientes que generaban los productos, y que servían en el producto final, que era la planta generadora de energía.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Exigencias en el ambiente

2.2.1.1. El aire contaminado

El aire al igual que la tierra y el agua, puede limpiar los contaminantes que se lanza en el día a día, de los cuales también pueden ser lanzados naturalmente. El problema es cuando se acumulan demasiados contaminantes de acuerdo a la velocidad de limpieza que se encuentra en la atmosfera, de tal forma que las actividades humanas ya sea de industria, doméstica o de agricultura, las contaminan porque los seres humanos hacen un abuso de ellas, puesto que, se liberan demasiados contaminantes y no se dan cuenta que la tierra debe tener un tiempo o ciclo para su limpieza o se regenere de los contaminantes que se vierten en ella.

El aire se contamina porque hay una liberación de manera abundante de gases tóxicos que viajan por encima de las ciudades, en algunos casos en forma común en otros casos disfrazados de otros componentes.

Cada año se cuenta por decenas la muerte de muchos seres vivos ya sea seres humanos o animales, debido a la abundante contaminación del aire, suponiendo que en algunos

lugares este evento no se puede sostener. Cotidianamente se puede ver esta proliferación de partículas, que cuando se aglomeran forman grandes capas de contaminantes, algunas veces tan peligroso que puede opacar la visión y otros sentidos.

Si se menciona el dióxido de carbono, que es un gas inerte pero de gran envergadura, puesto que produce el gas de efecto invernadero, de tal forma que si se mide las consecuencias con los otros gases contaminantes es el que está causando la mayor parte del calentamiento global. También se sabe que todos los seres vivos sin excepción, al respirar y al exhalar expulsan dióxido de carbono, ínfimo en el ambiente que no se estima como contaminante, se puede decir que al enlazarse con los vehículos motorizados, aviones, centrales de generación de energía y otras actividades propias de los seres humanos que requieren para su desarrollo el uso de combustibles fósiles, que aunque suenen un poco desafiante salen de la propia naturaleza.

En las últimas décadas el desarrollo industrial propiamente dicho han hecho que crezca las cifras de la cantidad de dióxido de carbono que se vierte a la atmosfera, este ha sido significativo como para aumentar los niveles por encima de los establecido en límites permisibles, desgraciadamente hay algunos lugares en el planeta donde los daños son irreversibles, o podrían demorar muchas décadas en reparar los daños ya marcados.

No se puede dejar de mencionar al metano que es un gas que descarga el ganado en los grandes criaderos de estos animales, que por supuesto están incurriendo al incremento del efecto invernadero. Otros contaminantes son los aerosoles o los refrigerantes que utiliza la industria del aire acondicionado, y usa diferentes tecnologías para mitigar el calor que se genera por las altas temperaturas, pero a la vez están aumentando su labor de dañar el planeta donde se vive.

Uno de los gases participantes de la niebla toxica es el dióxido de azufre, este químico enlazado o mezclado con otros productos puede causar la lluvia acida. Una de las características principales del dióxido de azufre y de otros productos químicos íntimamente

relacionados es que son los causantes de la lluvia ácida. Este efecto se amplía cuando existen cantidades altas de gas invernadero y por consecuencia poder retener el calor dentro de la atmosfera, sin embargo, también se reflejan contaminantes naturales como los volcanes de los cuales se tiene muchos en el planeta, de estos hay muchos que se han mantenido sin actividad, y debido a la actividad de la tierra también han activado su función, creando en muchos lugares grandes erupciones que a veces se tienen que evacuar ciudades enteras por el peligro en la atmosfera.

Todos están de acuerdo que si no se detiene esta contaminación o se toma conciencia de ella, el lugar donde se vive podría tener graves problemas, por lo que con la unión de muchos países se han adoptado medidas muchas veces enérgicas y duras, para que sus ciudadanos tomen conciencia del terrible futuro que puede llegar, gracias a estos eventos hay algunos países que se han adecuado a dichas normas y han mitigado su contaminación, de tal forma que le han dado calidad de vida a sus ocupantes. Una de ellas es el Protocolo de Kioto, en unión de los países integrantes tratan de disminuir las evacuaciones de dióxido de carbono. Otro procedimiento es el de aumentar los precios de los combustibles fósiles, de tal forma que cada vez la industria de los vehículos, se apegue más a los vehículos que según estudios no contaminan la atmosfera.

2.2.1.1.1. Contaminantes de los vehículos motorizados

Definitivamente el precio de la modernización es más alto del que se está pagando, puesto que, existen tecnologías que facilitan la vida de alguna u otra forma, por necesidad o por obtener un lujo. Una de esas creaciones son los vehículos motorizados.

La contaminación ambiental deriva principalmente del parque automotor de las ciudades, debido a que, en el motor se crea una combustión interna, que si no se tiene los cuidados correspondientes, se mantendrá en altos estándares de emisiones contaminantes. Los gases que arrojan los vehículos son residuos de los hidrocarburos no quemados, monóxido

de carbono y óxidos de nitrógeno. Ahora se pasará a describir algunos de los componentes que se despiden en dicha operación:

Monóxido de carbono (CO). Este gas es de los más venenosos que despiden los vehículos motorizados, ya que, es imperceptible para los sentidos. Este gas en la concentración de 0,5% de CO en el ambiente podría poner en verdadero riesgo la vida de un individuo en pocos minutos, en aproximadamente de 15 a 20 minutos. Se puede decir que en concentraciones supuestamente mínimas podría causar malestar en el individuo que puede ser diagnosticado como un síntoma de cualquier otra enfermedad común y corriente.

Este gas se puede producir desde que la mixtura de combustible es buena y hay mínimo ingreso de oxígeno para producir su consumo completamente. Por lo general mientras más abundante sea la entrada de combustible, se tiene más cantidad de monóxido de carbono en el ambiente. Constantemente se tiene que revisar las piezas y accesorios del motor del vehículo, porque si hay un exceso de contaminación de monóxido de carbono este sería por un desperfecto dentro de el.

Hidrocarburos (HC). La contaminación de este gas se produce por el combustible que no hace su función y los desperdicios del aceite que integran el motor. Estos gases son menos perjudiciales que el monóxido de carbono, pero si debe ser tomado en cuenta porque un efecto secundario es la irritabilidad de los ojos, la nariz, al ingresar por la boca y luego por la garganta y por supuesto los pulmones un órgano tan importante para el organismo.

Se puede acotar también que es uno de los primordiales contaminantes que tienen la función de afectar la capa de ozono. Como se comentó en las deficiencias del motor para la emisión de gases de monóxido de carbono, este también se emite por un mal mantenimiento en accesorios del motor como bujías en mal estado, también cuando se enciende el vehículo de forma fina, en los motores muy usados o que tienen un considerable tiempo de fabricación pueden ser muy comunes estos problemas.

El o los accesorios responsables de mantener una mezcla de combustible tienen que mantenerse en perfecto estado de trabajo, a su vez la cabina de ignición es muy importante mantenerlo muy bien cerrado o sellado con su respectiva revisión cada cierto tiempo de uso. Si con lo antes hecho se mantiene en un ideal estado de trabajo cada uno de los componentes, el motor mantendrá su estándar de trabajo y solo producirá vapor de agua y dióxido de carbono en el convertidor de catalítico sin ningún problema, sobre todo para conservar la atmosfera menos contaminada.

Óxidos de nitrógeno (NOX). Este gas de nitrógeno es un componente de alto valor, puesto que, forma el 80% del fluido como aire que se aspira en el día a día. Este gas es irrelevante cuando la temperatura está muy elevada en aproximadamente en 1370°C, al entrar en contacto tanto el oxígeno y el nitrógeno se integra y forman este gas de combustión. Al estar en contacto con este producto pueden crear síntomas que algunas veces no se tiene en consideración, de los que pueden causar irritación en los ojos, y en cantidades de concentración considerables pueden altera con una bronquitis, y perjudicar otras enfermedades que se relacionan con los pulmones. Estos gases pueden viajar hasta la capa de ozono, ya habiéndose convertido en smog y ozono, y convertirse en más tóxicos para cada ciudad.

El escape de conducción de gases es un accesorio muy importante para diluir la formación de este gas. Este accesorio se encargar de circular todos los gases de escape y hacerlos regresar a la entrada del aire, de esta manera diluir la mixtura de aire- combustión. Con este desarrollo se genera un enfriamiento en la combustión y se mantienen sus temperaturas por debajo de lo que se requiere para emitir NOX.

Mientras se mantenga el vehículo en perfecto estado, con sus respectivas revisiones técnicas los contaminantes que forman estos gases se reducen considerablemente, pero a pesar de mantener un nivel apropiado de mantenimiento, los gases eliminados se

seguirán dando, el propósito general es mantenerlo en los niveles adecuados para no tener problemas con el ambiente que se tiene al rededor.

En la tabla 1, se describe las diferentes concentraciones que emiten los vehículos a diferentes estados de operación, para tener un rango de lo que se va a extraer.

Tabla 1. Como forma los gases de la combustión en varias circunstancias de arranque del vehículo.

Constituyentes	Detenido (ppm)	Acelerado (ppm)	En marcha (ppm)	Desacelerado (ppm)
Hidrocarburos				
MECH	10000	6000	5000	30000
MEC	1500	1000	800	1500
Óxidos de Nitrógeno				
MECH	30	1200	650	30
MEC	60	850	240	30
Gases de combustión, scfm				
MECH	6,8	105	25	18
MEC	25	105	77	70
CO, porcentaje				
MECH	5	5	0,6	5
MEC	0,4	0,2	0,03	0
CO ₂ , pocentaje				
MECH	9,5	10	12,5	9,5
MEC	1	11	7	0

Fuente: (Obert 1973:368)

2.2.1.1.2. Consecuencias de la inhalación de monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas que muchas veces pasa desapercibido por los sentidos, por esta razón aún se hace mucho más peligroso que otros que habitan en la atmosfera, cuando un transeúnte inhala este gas en cantidades importantes, puede llegar a tener problemas de salud, ya que, resulta la reducción progresiva de oxígeno que por la sangre se distribuye, el tiempo de inhalación es importante, debido a que, mientras más tiempo se está expuesto mayor serán los problemas que se tiene en el organismo. Muchas personas han sufrido de muerte progresiva debido al envenenamiento o a la intoxicación de monóxido de carbono. La inhalación premeditada o de manera accidental puede derivar a

la muerte. En algunas ciudades de los Estados Unidos han llegado estadísticas que según exámenes se produjeron víctimas mortales en alrededor de 600 individuos (Armin 1998). Sin embargo, como se dijo el tiempo al que se está expuesto las personas es importante, es sabido que si su inhalación es por un tiempo corto este no implica un riesgo mortal.

Hay diversos síntomas que se pueden asociar a la inhalación de monóxido de carbono, atribuido también según el estado de quien lo consienta. Según el tiempo de exposición estos síntomas pueden ser no letales, de estos varios se pueden asociar a enfermedades comunes y corrientes. Pueden asociarse a otro tipo de problemas del organismo, incluso también a inhalación de humos.

En la tabla 2, se muestran los análisis que se hicieron de los diferentes síntomas que producen la inhalación de monóxido de carbono en diferentes pacientes.

Tabla 2. Muestra de enfermedades reportadas por la inhalación de monóxido de carbono

Síntoma	% de pacientes
Dolor de cabeza intenso	91
Mareos	78
Fatiga	54
Nauseas	47
Aturdimiento	43
Ahogamiento	40
Disminución de la visión	25
Dolor pectoral	9
Inconciencia	6
Dolor de abdomen	6
Espasmos	5

Fuente: (Armin 1998)

2.2.1.2. Concentración permisible de CO

Para realizar los cálculos y por consiguiente el diseño del sistema es necesario conocer cuáles son los valores de concentraciones permisibles de monóxido de carbono, puesto

que, al admitir un rango por encima del que los especialistas recomiendan se estaría incurriendo en la implementación de un sistema que no serviría cabalmente a su propósito. La tabla 3, muestra el tiempo de exposición de personas con el monóxido de carbono con respecto a la escala de concentración permisible de este gas, además normas de entidades internacionales autónomas como ASHRAE y NIOSH.

Tabla 3. Tiempo de exposición de personas con el monóxido de carbono con respecto a la escala de concentración permisible de este gas

Norma	Tiempo (horas)	CO_{max} (ppm)
ACGIH	8	25
ASHRAE	8	9
	1	35
Canadá	8	11 a 13
	1	25 a 30
España	8	50
	1	125
Finlandia	8	30
	15 min	75
Francia	20 min	100
ICBO	8	50
	1	200
NIOSH / OSHA	8	35
Países Bajos	30 min	200
Reino Unido	8	50

Fuentes: (Karti 2001:53), (AENOR 1992:2)

Para el Perú; el Reglamento Nacional de Edificaciones en sus normas vigentes con respecto a las atribuciones y recomendaciones que se deben tomar en estos casos es de que la concentración de monóxido de carbono no debe superar las 50 ppm (Ministerio de Vivienda 2006:321177).

2.2.2. Sistemas de ventilación

Para la ventilación se puede tener como concepto que es el aire que se requiere limpiar dentro de un ambiente, debido a que es un aire en constante uso, temperatura por encima

o por debajo de lo normal o humedad excesiva, por otro aire exterior limpio que sirve para tener control adecuado del calor, contaminación en el ambiente y eventual incendio de un ambiente. Su objetivo primordial dentro de los ambientes que los albergan es mantener a los ocupantes en buen estado.

Los sistemas de ventilación tienen como prioridad, en primer lugar, asegurar que no se reúna una gran cantidad de contaminantes como el monóxido de carbono. Asimismo, la ventilación es indispensable debido a la aparición de vapores que suelta la gasolina, pues estos protagonizan potenciales peligros de incendio.

Los sistemas de ventilación se pueden clasificar según diferentes aspectos:

1. Según la forma de disposición del recinto.
2. Según el origen de la contaminación.
3. Según los equipos de ventilación a usar.

2.2.2.1. Según la forma de disposición del recinto

2.2.2.1.1. Ventilación natural

La ventilación natural es el ingreso natural del fluido que es el aire, por donde se le oponga menos resistencia, que pueden ser accesos de puertas, ventanas, techos abiertos, entre otras. La razón trascendental para que se genere el movimiento del aire, es por las diferencias de temperatura o de presiones. Sin embargo, como se sabe la naturaleza es muy cambiante por tal motivo esta ventilación resulta muchas veces impredecible.

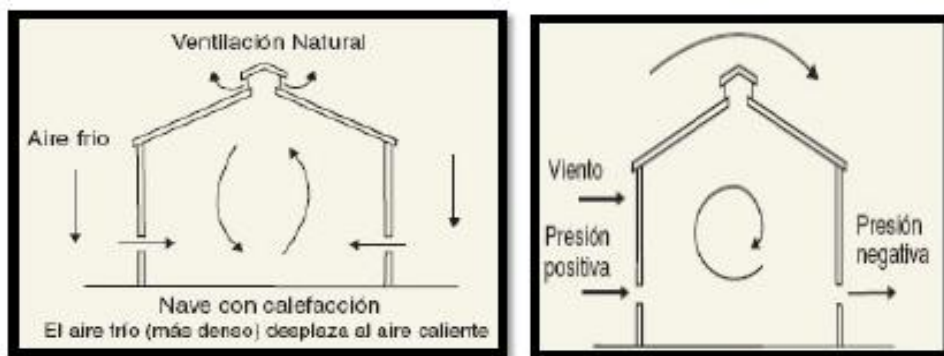


Figura 1. Ventilación común en el ambiente

Fuente: (Echeverri 2011:18)

En la figura 1, se muestra como ingresa y sale el aire de manera natural, como objetivo de operación.

2.2.2.1.2. Ventilación Mecánica

La ventilación mecánica o ventilación forzada, se dice que es cuando el fluido en este caso el aire de los recintos, es forzado a ingresar o salir del ambiente que lo alberga, gracias a la elaboración de depresiones o sobrepresiones por medio de los equipos de ventilación motorizados, que serán accionados mediante el ingreso de energía eléctrica.

Los equipos de ventilación mecánica según su distribución del sistema en el cual se alberga pueden accionarse de los siguientes criterios para su mantenimiento:

- Solo inyección, con una boca para la salida del fluido.
- Solo extracción, con una boca para el ingreso del fluido.
- Con ambas acciones, inyección y extracción

2.2.2.2. Según la procedencia de la contaminación

2.2.2.2.1. Ventilación exterior

La entrada de aire limpio en los ambientes es muy importante para mantener un ambiente libre de cualquier tipo de contaminación, y asegurar un aire en concentraciones de contaminantes con niveles aceptables. Al inyectar el aire desde el exterior, este se mueve hacia todos los lugares que le ofrezca el ambiente, para luego mezclarse con el aire contaminado y posteriormente ser extraído hacia un lugar estratégico que ya se ha elegido. Se puede decir también que si en el ambiente se encuentra un gas o fluido contaminante muy denso o localizado, lo que va a ser el aire que ingresa es mover el contaminante de un lado para otro para luego por sobrepresión expulsarlo. Se sabe que en lugares cerrados sin acceso a una ventilación natural, las temperaturas pueden elevarse, entonces forzando a ingresar un aire limpio se puede contrarrestar dicho fenómeno.

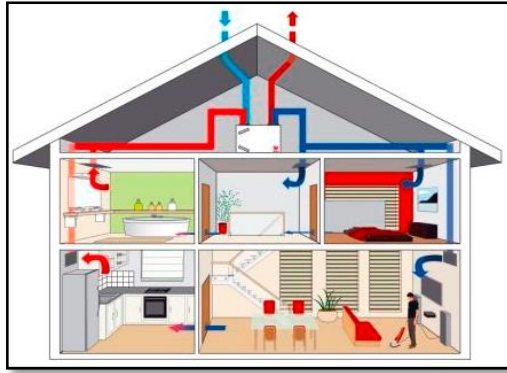


Figura 2. Ventilación exterior

Fuente: (Michel Cohas)

En la figura 2, se muestra como el aire ingresa hacia el recinto desde el exterior, para limpiar el aire que se encuentra contaminado en el interior.

Cuando las fuentes de contaminación se pueden guiar hacia otros lugares sin restricciones, se puede usar este tipo de ventilación. No obstante, como sucede en los casos de altas concentraciones de monóxido de carbono en los estacionamientos mencionados, supera los índices de aceptables según su disposición, estos sistemas se convierten en inapropiados técnica y económicamente. Para ingresar aire desde el exterior, la ventilación puede ser de forma mecánica y natural.

El ingenio de quien lo diseña es fundamental como casi todas las herramientas creadas por el hombre, puesto que, hace una instalación no muy compleja, sin embargo, se puede colocar los fundamentos siguientes:

- La cantidad del gas contaminante es muy importante, además de su posible difusión, y su emisión o generación.
- Cuando se ha localizado los puntos de contaminación, analizar los puntos a colocar zonas de extracción.
- La movilización del aire contaminado es importante, la mejor forma de extraerlo es haciendo un barrido puntual y estratégico.

- Es esencial colocar una extracción mecánica y un ingreso de aire natural mientras las características físicas del ambiente lo permitan.
- Procurar no dejar espacios muertos; es decir, sin ventilación.
- Asegurar que el aire contaminado que se extrae del local, sea expulsado en un lugar estratégico y evitar por todos los medios su reingreso.

2.2.2.2. Ventilación localizada total

Los sistemas de ventilación permiten controlar o asegurar la contaminación por gases, vapores o partículas. Estos tipos de ventilación en este caso para la extracción, absorbe todo tipo de gases producidos en cualquier tipo de procesos productivos de la industria o de la vida cotidiana, es muy importante contar e implementar este tipo de sistemas para mejorar la calidad de aire que circulan en el ambiente. Sobre todo reducir la posibilidad de que los asistentes a esos ambientes estén expuestos a estas partículas y causar un problema de salud integral. Estos sistemas deben ser diseñados por profesionales expertos, y serán adecuados según la funcionalidad o el nivel de producción del lugar donde se va a implementar. Por tal motivo, su diseño e implementación puede resultar un tanto difícil que el sistema antes mencionado, porque la extracción debe estar ubicada en función a la localización del contaminante.

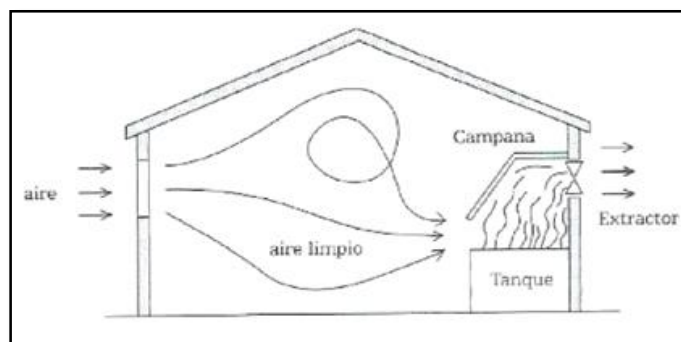


Figura 3. Ventilación localizada total

Fuente: (V. Batruin)

En la figura 3, se muestra un punto de contaminación donde lo esencial es extraer el contaminante desde el mismo punto de contaminación.

Para la instalación de ventilación localizada se puede colocar los fundamentos siguientes:

- Si se usa una campana extractora, se está usando la esencia de este tipo de ventilación, puesto que, una vez localizado el punto denso de contaminación, se tiene que extraer el aire, de tal forma que este contaminante no se expanda por los lugares donde sea más difícil de capturarlos.
- Una vez extraído el contaminante este se debe guiar a un equipo donde dicho contaminante será tratado para derivarlo al ambiente.
- Se tiene que colocar filtros, que hace el trabajo de tamizado, el cual funcionara de tal forma que debe separar las partículas contaminantes de las que aún están limpias, para esas ser lanzadas al ambiente y tener un minúsculo impacto de contaminación.
- Una vez instalado el recorrido de los ductos, el ventilador se encargará de mover el contaminante hacia su ubicación adecuada y diseñada.

2.2.2.3. Diferenciados por los equipos de distribución

Para ventilar los estacionamientos que son la finalidad el estudio, se basan en los siguientes criterios para su funcionamiento:

- Solo inyección, con una boca en la salida del fluido.
- Sólo extracción, con una boca de la entrada del fluido.
- Con ambas acciones, inyección y extracción

2.2.2.3.1. Por Sobrepresión

Asumiendo que será un sistema de ventilación mecánica, la única forma de ingresar aire a un recinto es por medio de algún equipo accionado de manera mecánica, es decir, por una señal eléctrica, para el ingreso de aire se produce de forma directa es decir viene del exterior del recinto. El trabajo o concepto de este sistema consiste en crear una sobrepresión dentro del ambiente, como consecuencia el aire o fluido que se encuentre trata de salir por el lugar por donde se le ponga menos resistencia. Pero, si esto consiste

en hacer largos recorridos de ductos, creará un falso tratamiento de la concentración de la contaminación, posteriormente hará que el fluido salga por las rampas del estacionamiento, el cual no es el objetivo de los diseños de ventilación, porque el gas contaminante saldrá al nivel cero del edificio, haciendo que la contaminación sea más rápida inhalada por los transeúntes. Lo esencial para todos los tipos de sistemas empleados es que el aire viciado o contaminado sea guiado a un lugar adecuado y no incremente el nivel de contaminación que ya se tiene en la calle.

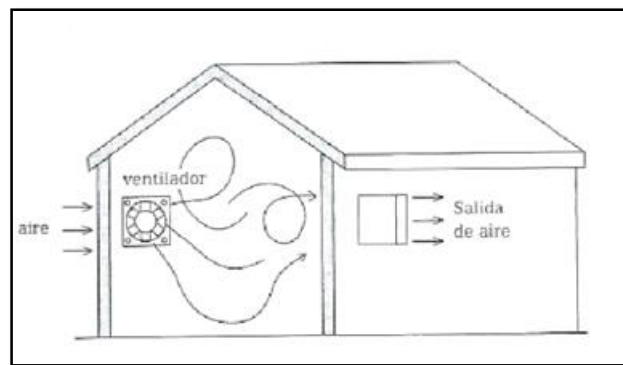


Figura 4. Ventilación por sobrepresión

Fuente: (Jorge Serrano)

En la figura 4, se muestra que el ingreso de aire se realiza de manera forzada con la ayuda de un ventilador, colocado en un punto estratégico de operación.

2.2.2.3.2. Por depresión

Una vez calculado el caudal necesario a extraer, para este tipo de sistema solo se tiene en cuenta que se cuente con un lugar idóneo donde colocar el equipo mecánico que hará la extracción del fluido. Como a la salida de aire se tiene el control absoluto en este tipo de sistemas, se le puede guiar o adecuarlo de tal forma que se coloque en lugares donde la concentración es densa. Para ingresar el aire, se debería adecuar un lugar estratégico, además de tratar que el ingreso del aire sea por la rampa más cercana al trabajo a realizar, de esta manera se distribuye en forma ideal el aire.

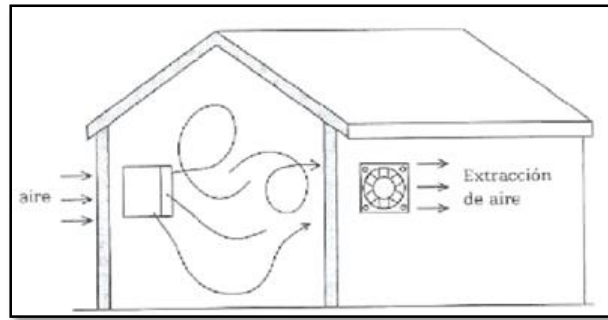


Figura 5. Ventilación por depresión

Fuente: (Echeverri 2011:18)

En la figura 5, se muestra que la salida de aire se realiza de manera forzada con la ayuda de un ventilador, colocado en un punto estratégico de operación.

2.2.2.3.3. Mixta

Con este tipo de sistema colocado en el diseño, se masifica la ventilación, puesto que, se hace de forma homogénea debido a que la ventilación se realizará hasta en los rincones de menos acceso del ambiente, esto debido a que cuenta con diferentes puntos de trabajo.

2.2.2.4. Control por nivel de monóxido de carbono

La contaminación de los estacionamientos que se producen en horas de operación y afluencia, son tales que las concentraciones suben a niveles extremadamente peligroso para la salud, por tal motivo controlar esos niveles o índices de concentraciones es indispensable en este trabajo. Para desarrollar un sistema pertinente se deberá considerar un ahorro de energía manejable, dado que mientras más equipos se coloquen en el proyecto, más será su consumo eléctrico, mientras que en la misma proporción de equipos se coloca un sistema de control de nivel, este dará importante ahorro en su estructura eléctrica.

Se observa que los niveles a los que puede llegar la concentración de monóxido de carbono en un estacionamiento en días de operación según la figura 6 (ensayo realizado por Krarti y Ayari en 1998) para tres perfiles de movimiento (figura 7) y se darán las siguientes recomendaciones de control de ventilación:

- Volumen constante (CV). Todas las horas que el edificio esté en funcionamiento este sistema estará encendido, sin permitir un ahorro energético.
- Control On/Off. Este tipo de control estará dependiendo del sensor de monóxido de carbono, es decir, cuando se emite una señal de concentración de este gas en el límite, este enviará una señal para encender los equipos de ventilación.
- Control de volumen de aire variable (VAV). Se estila usas ventiladores instalados con variador de frecuencia donde el encendido de estos equipos primero pasaran por un variador de frecuencia que acciones su funcionamiento en velocidades inferiores hasta llegar a la máxima según sea necesario.

Como se ve en la figura 6 y 7, se puede ver los ahorros energéticos en los ventiladores, para encendido on/off y para el control de volumen de aire variable (VAC). Lo importante aquí es ver que el ahorro energético que se logre obtener es considerable, puesto que, está asociado a que se evalué en valor del nivel de concentración de monóxido de carbono y este colocado en niveles aceptables.

Va a depender del nivel de automatización que le se da en el trabajo de los equipos que se instalarán en el proyecto.

El perfil de los vehículos que se estudiaron para determinar estos parámetros es diferentes y además con diferentes condiciones climáticas, sin embargo, se puede llegar a una misma forma de medición.

Los estacionamientos subterráneos son también de diferentes condiciones físicas, de tal manera, el estudio será más abierto a posibles cambios y alternativas.

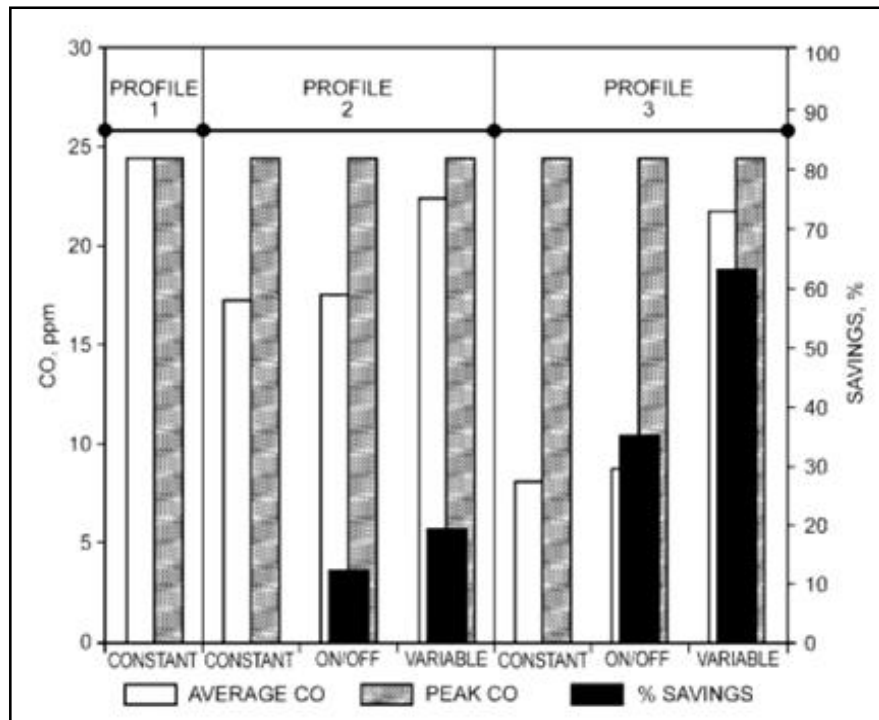


Figura 6. Sistemas de ventilación controlados con sensores de monóxido y se observa el ahorro de energía de un control con otro.

Fuente: (ASHRAE 2011:15.21)

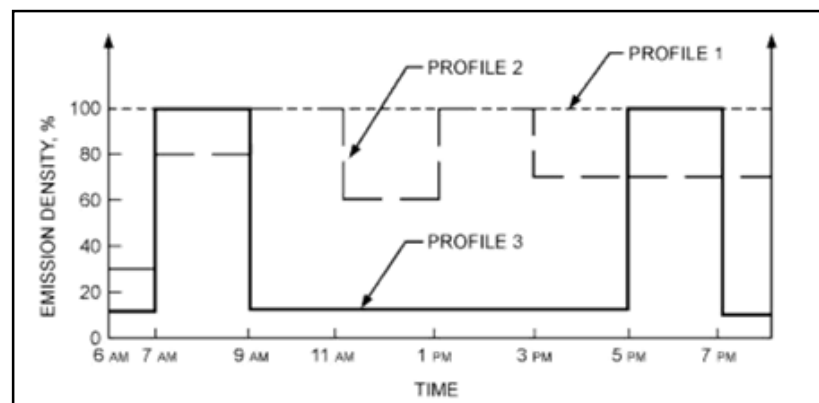


Figura 7. Análisis de los movimientos de 3 vehículos con las concentraciones de monóxido de carbono que despiden.

Fuente: (ASHRAE 2011:15.21)

2.2.3. Ventiladores

Para remover el aire en un sistema de ventilación o extracción, se requiere de energía mecánica para superar las pérdidas de presión del sistema. Esta energía puede darse por convección natural o empuje. Sin embargo, la mayoría de los sistemas requieren un equipo para el movimiento de aire como son los ventiladores.

El funcionamiento de los ventiladores se basa en proporcionar energía mecánica al aire a través de un rotor que gira a alta velocidad, incrementando la energía cinética del aire, que luego se altera parcialmente en presión estática. Se suelen dividir básicamente en dos grandes grupos: ventiladores axiales y ventiladores centrífugos.

Se puede decir que esta máquina de la industria que es el ventilador es un equipo que gira, con el propósito de mover fluido que puede ser aire o un gas. Otro concepto que se puede atacar es también que es una turbomáquina que proporciona la energía cinética necesaria para vencer las presiones que se le oponen a la dirección con la que se mueve el fluido y considerar un flujo constante tal como se desea operar el trabajo.

Los ventiladores son turbomáquinas hidráulicas como un concepto general, que ayudan a generar el movimiento necesario para mover el aire a cualquier disposición.

La construcción de un ventilador es principalmente de un motor que recibe energía eléctrica, con más de un accesorio necesario para funcionar según el fin de su fabricación, y estos pueden contar con: arranque para el encendido, controlador de velocidad, cambio de polaridad, etc. y un generador de energía que gira conectado por un eje, por el que pasa la energía de transmisión. Aquel hélice asume la configuración de rodete con álabes, para la ocasión del tipo centrífugo, también puede ser de una aspa con las palas de contorno y en cantidades necesarios, para la ocasión de los tipo axiales.

El ensamble del equipo, o aunque sea el rodete o la hélice, van cubiertos por una caja con todas las paredes cerrados en forma de espiral los de tipo centrífugos y solo por un marco simple o una cubierta tubular en los otros axiales. La envolvente tubular también podría

llevar una caja de rejas radiales de álabes fijos al inicio o salida del propulsor, llamada directriz, que conduce el fluido en este caso el aire, para darle una mayor operatividad al equipo en cuestión.

2.2.3.1. Tipos de Ventiladores

2.2.3.1.1. Ventiladores axiales

Para un ventilador axial el rotor o eje central es muy importante en su funcionamiento y su fabricación, puesto que, transfieren la energía del aire a través de un movimiento giratorio en remolado debido a sus aspas que tiene su fortaleza desde el centro. La dirección con la que se desplaza el aire en tratamiento es en paralelo al eje del rotor. Si se mide su eficiencia se puede llegar a la conclusión que tratan de llegar a niveles muy altos como un 95% de eficiencia, pero su funcionamiento para vencer pérdidas de presión altas lo hace un equipo muy deficiente. Es por ello que su aplicación se hace menos trascendental, solo utilizándolos para generar el movimiento del aire en longitudes de recorrido menores o mínimos.

Para el rotor los alabes que constituyen el equipo están colocados en un ángulo hacia el eje, para convertir el equipo en sentido contrario, solo es necesario cambiar de dirección de giro al rotor. Para poder identificar o diferenciar un ventilador axial solo se describen mediante las características de los alabes, medir la longitud desde el eje hacia el punto más alejado del diámetro mayor, la inclinación que tienen los alabes y la cantidad de los mismos. Se pueden distinguir en su estructura, para la construcción de sus alabes pueden ser de forma aerodinámicas, de acuerdo a estudios previos realizados, ingresados con un mayor costo, pero a la vez da un mayor vencimiento de presión para diámetros y velocidad iguales a los otros resultados. Si la selección de estos equipos se hace de manera incorrecta y se colocan los equipos en presiones mayores a las previstas en el diseño, se puede incurrir que el flujo de aire más cercano al eje se despidan de manera turbulenta describiendo un recorrido no rectilíneo, como consecuencia dará un ruido exagerado.

Hay tres clases de ventiladores axiales:

- Estos ventiladores axiales se componen de aletas guiadores del fluido, se le atribuye aletas que van a salida del aire, se esta forma se le dará la eficacia más ardua al ventilador. Producen más ruido que los centrífugos, son para ventilar.

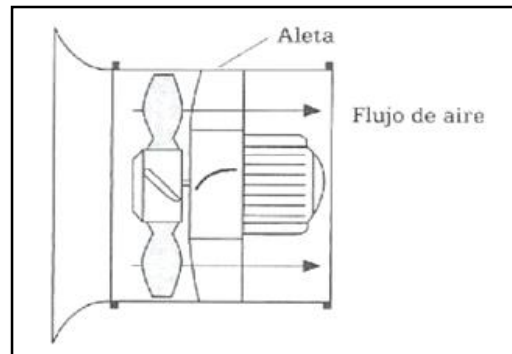


Figura 8. Ventilador axial con aletas guía

Fuente: (Soler y Palau)

- Ventiladores tubo axiales. Por diferencia con su antecesor no cuenta con aletas de guías a la salida del fluido. Su construcción es muy sencilla y básica, es por ello que no demanda de un costo muy elevado. Se puede usar en aplicaciones también descritas en el anterior tipo de ventilador, en equipos de HVAC. Sus atribuciones se destacan en que tienen un eje pequeño y son usados más que nada para altos caudales y baja presión. Algo importante es mencionar su nivel de ruido, el cual es más ruidoso que el de guía de aletas. Como se muestra en la figura 9.

El movimiento del fluido cuando pasa a través del ventilador es de forma directa y es lanzado según la caída de presión establecida.

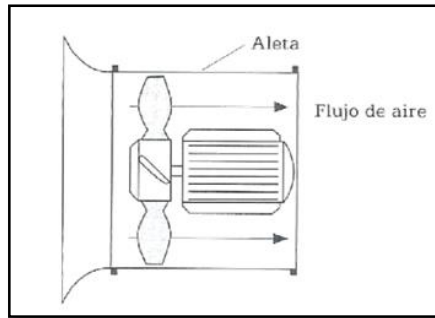


Figura 9. Ventilador tuboaxial

Fuente: (Soler y Palau)

- Ventiladores helicoidales. Su funcionamiento se debe a que se pueden usar en implementaciones de presiones bajas, la impulsión es nula, pero tiene un alto rango de caudal para cumplir. La instalación es en ventilación para torres de enfriamiento, para extracción de aire colocados en techos.

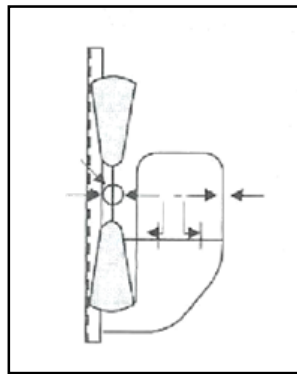


Figura 10. Ventilador helicoidal

Fuente: (Soler y Palau)

Para los ventiladores axiales antes mencionados, no es recomendable instalarlos con ductos, puesto que, tendrían mayor pérdidas de presión, y ejercerían una mayor oposición del cual vencer, por lo que serían menos eficaces y el ruido aumentaría considerablemente.

2.2.3.1.2. Ventiladores Centrífugos

Se puede decir que son turbomáquinas, el aire siempre ingresa de la misma manera, es decir, ingresa por el rotor o siroco con una dirección paralela a su eje, para luego salir en dirección perpendicular a su trayecto. Como su mismo nombre lo dice centrífugo, debido a que la salida del aire se produce por la fuerza centrífuga, esto sucede porque en su

construcción posee alabes soldados a su rotor, de esta manera. Para darle el movimiento que se desea al aire o al fluido, este la recibe del eje que gira acoplado al motor. Los ventiladores centrífugos no son al 100% efectivos sus valores de eficiencia están entre 45% y los 84%, todo esto se da porque las direcciones de entrada de aire con respecto a la salida son diferentes, entonces en su unión de estas direcciones se producen remolinos que afectan su rendimiento efectivo (Echeverri 2011:133).

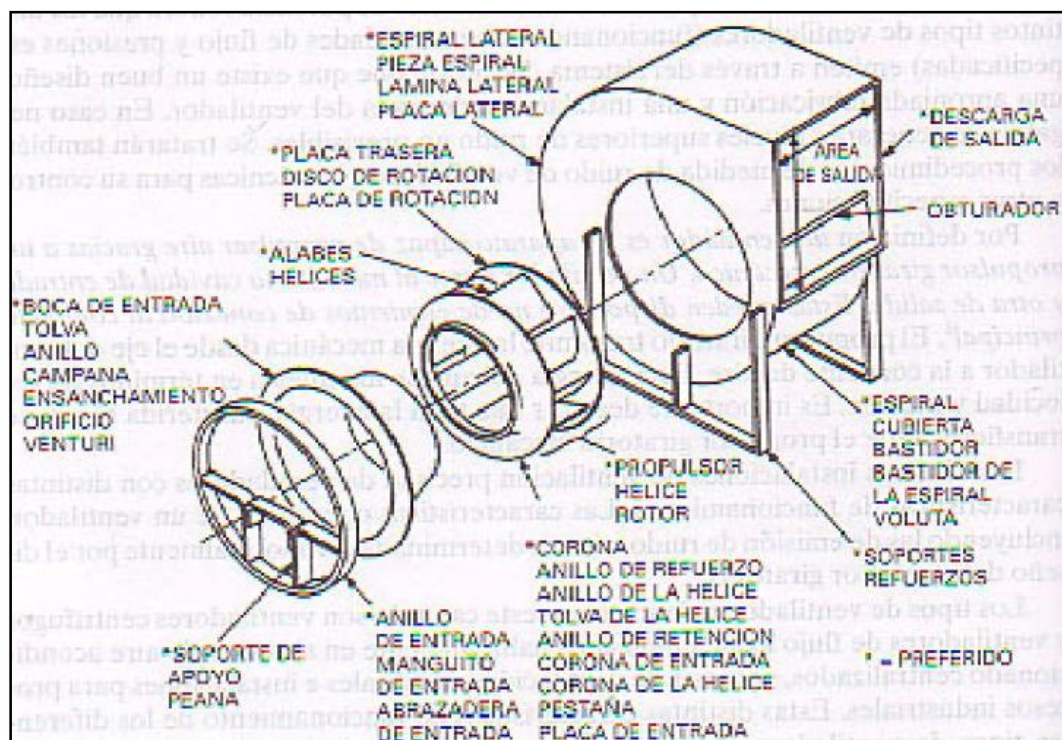


Figura 11. Ventilador centrífugo

Fuente: (V.Baturin)

En la figura 11, se muestra las partes del ventilador centrífugo de simple entrada.

De la misma forma que los ventiladores axiales, el ángulo de los alabes del rotor influyen en su funcionamiento, por tal motivo aquí se determinan las importancias de velocidad de rotación. El trabajo realizado por un ventilador centrífugo es directamente proporcional al movimiento o la velocidad frontal medida en la parte exterior de la aleta. Por ello, según eso se puede tener algunos tipos de rotores:

- Con álabes curvados hacia atrás. Con una disposición en donde los alabes tienen una dirección contraria a la rotación del rotor. Por su desempeño se pueden usar especialmente en operaciones de altas velocidades a una potencia mínima, manteniendo un nivel de ruido requerido con altas eficiencias. Pueden vencer altas presiones estáticas, estos equipos se pueden usar en calefacción, ventilación y aire acondicionado, con sus configuraciones respectivas. La diferencias están en las formas de los alabes, aquí algunas:
 - Álabes de grosor uniforme. Con esta configuración se puede controlar el polvo o la humedad. Lo recomendable es no usarlos en partículas peligrosas que pueden acoplarse en las paredes de los alabes que giran.

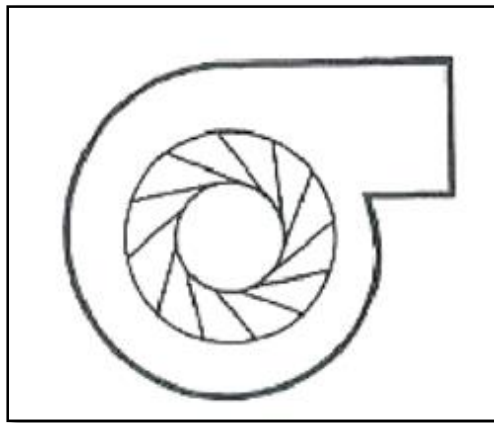


Figura 12. Rotor con álabes de grosor uniforme

Fuente: (Echeverri 2011:133)

- Álabes aerodinámicos. Solo se pueden usar para aires limpios, sin concentraciones de partículas de gases tóxicos, además si se dan altas eficiencias y bajos niveles de ruido, que son características importantes a la hora de tomar decisiones, como se muestra en la figura 13.

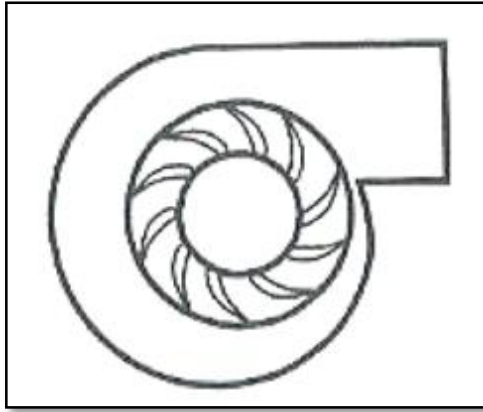


Figura 13. Rotor con álabes aerodinámicos

Fuente: (Manuel Maldonado)

- Con álabes radiales. Las partículas contaminadas pueden atravesar el ventilador, estas configuraciones pueden ser utilizadas en diferentes sistemas. Los álabes serán alargados en su perímetro, a la vez de mínimo espesor, de esta forma se trabajara en baja presión y amplios caudales. Es preciso decir también que para operaciones para vencer alta presión y bajos caudales se usaran álabes estrechos y vastos. Para las fabricaciones también se tienen rotores con álabes que en su diámetro interior tienen una pequeña inclinación para la dirección de rotación. Son los comúnmente llamados álabes radiales modificados.

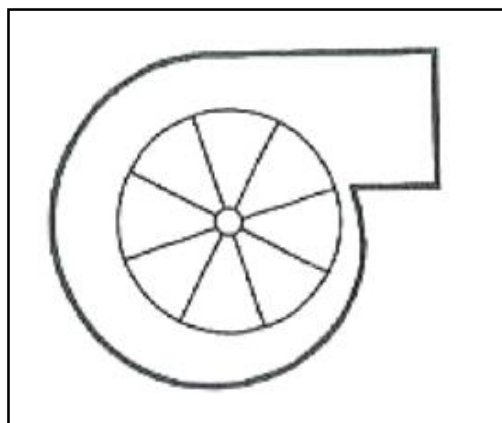


Figura 14. Rotor con álabes radiales

Fuente: (Echeverri 2011:133)

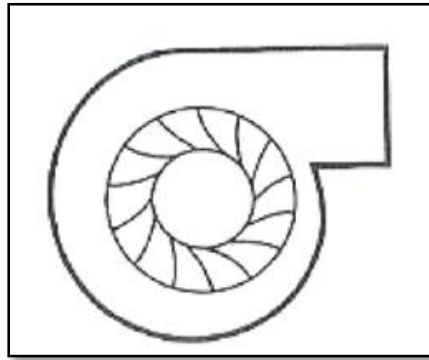


Figura 15. Rotor con álabes radiales modificados

Fuente: (Manuel Maldonado)

- Con álabes curvados hacia adelante. Según el sentido de giro de su rotor, en esa misma dirección se colocan sus álabes. En su instalación no requieren de demasiado espacio, además de sus mínimas velocidades en el extremos de los álabes. Usualmente son requeridos para colocarse en diseños de operaciones de baja a media presión como los usados para aire acondicionado. Las partículas se pueden pegar en las paredes de los álabes muy fácilmente y como consecuencia pueden causar turbulencia en el desarrollo de su función.

Ahora para los ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia atrás quienes mantienen su rotor con sus álabes inclinados en sentido opuesto al de su giro. Tiene la velocidad más alta exterior y además el más alto rendimiento con una calidad de sonido adecuadamente baja y gracias a todo lo antes expuesto no ofrece un consumo de energía que sobre cargue su funcionamiento, en este ventilador para obtener el aprovechamiento más alto de su energía, este puede ocurrir en un punto en donde su rendimiento es el ideal de forma que desde este punto algún cambio que se realice porque se hizo cambios cualquier cambio a partir de este punto, puede ser debido a cambios de la resistencia del sistema, dará como resultado en un aprovechamiento de energía más bajo al anterior. De acuerdo a su forma de los álabes, esta se condiciona en el amontonamiento de los materiales que este está

conduciendo, se puede recomendar que los ventiladores solo se limiten a los siguientes usos:

- **Álabes de espesor uniforme.** Para colocar alabes de grueso espesor que permitirá que pueden operar con el fluido ligeramente contaminado o con algún húmedo. Como se dijo anteriormente solo con materiales de tipo gases o vapor no con materiales solidificados, porque pueden pegarse o acomodarse en la parte posterior por la dirección del giro del rotor.
- **Álabes de ala portante.** Permiten mayores rendimientos y obtener menores valores de sonido. Se puede tener álabes huecos y estos se pueden desgastarse rápidamente y llenarse de líquido si la humedad donde se encuentra es alta, entonces solo se debe limitarlos a su uso en aire y fluido con cuidados en la contaminación del material.

2.2.3.2. Principio de los ventiladores

Se sabe que las condiciones para cada proyecto son variables, por características físicas y químicas. Las leyes de los ventiladores pueden enunciar la conducta que tomará el ventilador en diferentes condiciones a las que ha sido ensayada y por lo tanto diseñado determinan su adaptación al medio en diferentes condiciones para el funcionamiento a las que han sido probadas en principio. Los cálculos que se establecen pertenecen al área de la mecánica de fluidos, estos cálculos y resultados representan los valores a los que se someterán los ventiladores a distintas condiciones o las características del fluido que se mueve por medio de ellos.

Los valores a tomar en cuenta en un ventilador serán la velocidad de giro, el radio del rotor o tambor, la presión estática, el caudal obtenido, la potencia y la efectividad del equipo. Por tal motivo, para su aplicación se manifiesta con restricciones a ventiladores que tiene

las mismas características, con valores ya identificados en las características de operación respecto las que se quieren comparar.

Para la primera ley en los ventiladores las velocidades de giro son variables siguiendo las densidades para el aire y el radio del tambor del rotor en iguales condiciones.

En caso contrario a la primera ley en la segunda ley el dato variable es la densidad del aire, mientras que las otras variables o valores se mantienen igual (caudal de aire, velocidad de rotación y tamaño de ventilador). Para dirigir el caudal y conservarlo igual, solo sucede si el ventilador opera a una velocidad de giro igual y con respecto a un sistema que no produzca un cambio de resistencia.

En la tercera ley, aquí es diferente la densidad del aire, de esta forma se mantiene constante la presión estática y las dimensiones del ventilador. Es usado algunas veces cuando se requiere seguir constante la presión estática pese que el aire está comprimido en este lugar.

Las dimensiones del ventilador seleccionado y el caudal, es decir la cantidad de aire que se moverá se mantendrán iguales, solo cambiará sus valores la densidad del aire.

2.2.3.3. Designación de ventiladores

Debido a que como se mencionó en líneas anteriores el ventilador es un punto muy importante en el sistema, su selección no obedece a buscar un ventilador que deberá cumplir con los requisitos de presión y caudal, además de esto también cumplir con los parámetros de flujo másico, temperatura de trabajo y su instalación. Corre por cuenta del fabricante dar la información para seleccionar de una vista correcta la selección de dicho ventilador. A los fabricantes se les hace más sencillo justificar el trabajo de sus ventiladores mostrando las curvas características del ventilador. Para este gráfico las velocidades son indistintas, puesto que, su presión y su caudal son parámetros que dirigen su selección, como se muestra en la figura 16.

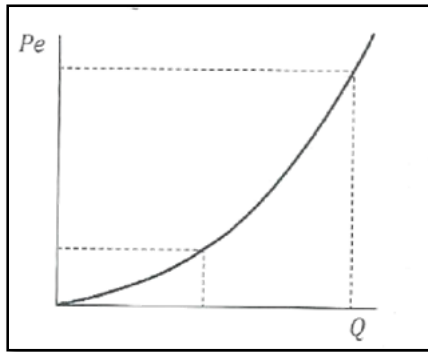


Figura 16. Curva característica del ventilador

Fuente: (Enrique Carciner)

Para otros fabricantes es muy importante presentar todos los datos pertinentes, dirigen su proyección a clientes más rigurosos, los datos que se muestran son las medidas del ventilador, la presión estática, el caudal, la velocidad de giro y la potencia absorbida.

De otra manera, para dar un concepto de la curva características que mantiene un ventilador, se puede decir que es la muestra gráfica de la presión calculada en comparación con el caudal del sistema que se mueve. Ayuda a determinar cómo saber elegir un ventilador. Se tiene el detalle de los conceptos entregados en la figura 17.

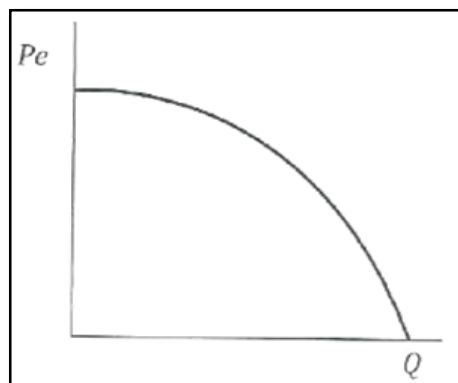


Figura 17. Curva del sistema de ventilación

Fuente: (Enrique Carciner)

Las curvas antes descritas en la figura 17, se pueden unir en otra gráfica, que son del sistema y el ventilador, que va a dar un punto de contacto de tal forma que este punto se llamara punto de operatividad. En conclusión el ventilador solo podrá ponerse en operación a restringidas velocidades para el sistema que lo use. En otros casos las curvas se reunirán en el mismo punto de operatividad, en cuanto los rotores roten a una velocidad diferente. En la figura 18 se puede ver el punto de operación.

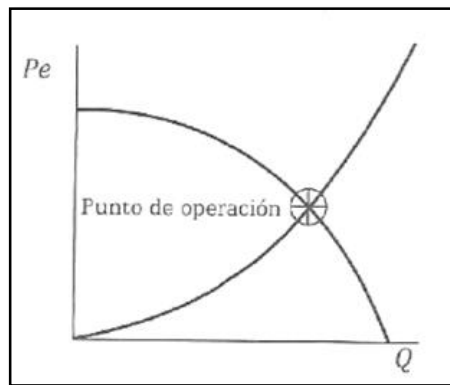


Figura 18. Propiedades de las curvas de selección del sistema de ventilación y los equipos ventiladores

Fuente: (Enrique Carciner)

Para seleccionar el ventilador hay que tomar en cuenta que la velocidad de giro debe ajustarse con el punto de operatividad del sistema, de esta manera se dará el caudal y presión deseado.

2.2.4. Caudal de ventilación

Para definir este término hay que tener claro los conceptos que se dan a la hora que se habla de movimiento de aire, por lo que se puede definir como el fluido de aire que será movido, de esta forma corregir o mantener las condiciones de un ambiente dentro de lo que puede resistir o está permitido de la contaminación, además se puede usar para eliminar olores inaceptables, bajar la temperatura y posibles problema de ocurrir un siniestro. Si se toma como índice la norma UNE 100-196 esta establece que el cálculo de

fluido de aire se efectúe exclusivamente para la disipación de monóxido de carbono a condiciones aceptables, debido a que si se quiere controlar la contaminación de las otras especies, estas se pueden hacer sin problema por ser la de monóxido de carbono la más perjudicial en el ambiente (AENOR 1992:1).

2.2.4.1. Procedimiento de cálculo

Para obtener el caudal necesario a extraer de un recinto de estacionamiento es posible ir por 3 caminos de los cuales son: caudal de aire recomendado; renovaciones de aire; y el procedimiento recomendado por ASHRAE.

2.2.4.1.1. Caudal de aire recomendado

Como se sabe en cada país la regulación son diferentes, por tal motivo ellas aconsejan determinado flujo de aire por cada unidad de área o por cantidad de vehículo que puede estacionarse en el recinto. Los valores establecidos no han salido de la nada, sino que llegan de diferentes ensayos establecidos a diferentes estacionamientos en diferentes condiciones. Los valores y características importantes no toman en cuenta son sus variables físicas como son el tipo de edificación. Solo es necesario establecer el área total o la cantidad de vehículos que pueden ingresar al estacionamiento. De tal forma que, en muchos de los diseños y cálculos realizados se establecen sobredimensionados, generando costos incensarios por los equipos que tendrán una alta capacidad.

En las tablas 4 y 5, se muestran los flujos de aire establecidos para algunos países y por organizaciones que tiene prestigio en el rubro.

Tabla 4. Requisito de caudal del fluido por cada estacionamiento

Estándar	Caudal (l/s*estacionamiento)
Francia	165
UNE	210

Fuente: (Krarti 2001:53)

Tabla 5. Requisito del área del fluido por cada estacionamiento

Estándar	Caudal (l/s*estacionamiento)	Estándar	Caudal (l/s*estacionamiento)
Alemania	3,3	NFPA	5
ASHRAE	7,6	Perú	3,3
ICBO	7,6	Suecia	0,91
Japón/Corea del sur	6,35	UNE	5

Fuentes: (Krarti 2001:53), (Ministerio de Vivienda 2006:321175)

2.2.4.1.2. Renovaciones de aire

Los órganos internacionales de varios países que rigen las normas y recomendaciones en los sistemas de ventilación, brindan datos para cambios totales de aire del ambiente en una hora. El dato y más importante de criterio es solo el volumen del recinto en este caso el estacionamiento. Los valores y características importantes no toman en cuenta son sus variables físicas como son el tipo de edificación.

En la tabla 6, se muestra cuáles son las recomendaciones que dan las diferentes instituciones para dar un valor al número de renovaciones por hora según el volumen del recinto.

Tabla 6. Renovaciones de aire por hora para cada estacionamiento encapsulado

Estándar o autor	Renovaciones
BOCA	6
NFPA	6
Reino Unido	6-10
S. Escoda	6-8
SBCCI	6-7
Soler & Palau	6-8

Fuente: (Krarti 2001:53), (S&P 1995:18), (Salvador Escoda 1998:31)

Para el país, lo recomendable es usar un cambio de aire o renovación de aire cada 12 minutos, es como decir que se empleara 5 renovaciones por hora (Ministerio de Vivienda 2006:321175).

2.2.4.1.3. Procedimiento según ASHRAE

Los cálculos mostrados se fundamentan en resultados de diversas pruebas, tal y como es el análisis científico, M. Krarti y A. Ayari establecen un criterio de diseño que puede manejar el flujo de aire en niveles aceptables para la operación de las personas en los estacionamientos cerrados (Krarti 2001:54). Su diseño se basa en los siguientes puntos:

- Establecer la concentración máxima permisible de monóxido de carbono.
- Máxima afluencia de vehículos en una hora establecida.
- Operación y movimiento de los vehículos en un tiempo determinado.
- Índice de difusión de un vehículo en diversas operaciones.

Para determinar el procedimiento lo se tiene en 3 pasos:

Paso 1. Registro de información:

1. Para la hora de máxima operación de vehículos se establece un tiempo de alta concurrencia, N .
2. Emisión de monóxido de carbono promedio de un vehículo común por hora, E (g/h). para obtener y calcular este dato es necesario saber cuáles son las características mecánicas del vehículo, que tipo de combustible viene usando, en que circunstancia está trabajando y la circunstancia del medio ambiente que lo rodea.
3. Tiempo de operación y viaje promedio de un vehículo común, t (s).
4. Cantidad de concentración de monóxido de carbono permisible en un estacionamiento, $CO_{máx}$ (ppm).
5. Área total del piso del estacionamiento, Ap (m²).

Paso 2. Evaluar la tasa de generación de monóxido de carbono:

1. En un espacio determinado cuanto es la producción máxima de monóxido de carbono, G (g/(h*m²)):

$$G = \frac{N * E}{A_p} \quad (1)$$

Dónde:

G	:	Tasa de generación de monóxido de carbono, en g/(h*m ²)
N	:	Número de vehículos en el estacionamiento
E	:	Emisión de monóxido de carbono promedio, en g/h
A_p	:	Área del piso del estacionamiento, en m ²

2. Cotejar la producción máxima de monóxido de carbono evaluándolo con un estimación referencial $G_o = 26.7$ g/(h*m²):

$$\varphi = 100 \frac{G}{G_o} \quad (2)$$

Dónde:

φ	:	Producción máxima de monóxido de carbono
G	:	Tasa de generación de monóxido de carbono (g/(h*m ²))
G_o	:	Producción de monóxido de carbono referencial g/(h*m ²):

Paso 3. Determinar el caudal de ventilación mínimo q' por unidad de área de piso utilizando la correlación C presentada en la ecuación 3, dependiendo de $CO_{máx}$:

$$q' = C * \varphi * t \quad (3)$$

Dónde:

$$C = 1,204 * 10^{-3} \text{ (l/s)/ (m}^2\text{/s) para } CO_{máx} = 15 \text{ ppm}$$

$$C = 0,692 * 10^{-3} \text{ (l/s)/ (m}^2\text{/s) para } CO_{máx} = 25 \text{ ppm}$$

$$C = 0,481 * 10^{-3} \text{ (l/s)/ (m}^2\text{/s) para } CO_{máx} = 35 \text{ ppm}$$

φ : Producción máxima de monóxido de carbono

t : Tiempo de operatividad del vehículo en el estacionamiento, en (s)

2.2.4.2. Cálculo del caudal de ventilación

Según las explicaciones anteriores, se hace el cálculo del caudal mínimo de acuerdo con lo establecido por la ASHRAE, según la figura 19. Para el desarrollo del cálculo los otros procedimientos no serán tomados en cuenta, esto es porque no se pone en consideración algunos parámetros o características físicas del estacionamiento. Mediante este procedimiento de cálculo se obtiene de manera más precisa el caudal requerido para diluir por completo los contaminantes para los estacionamientos.

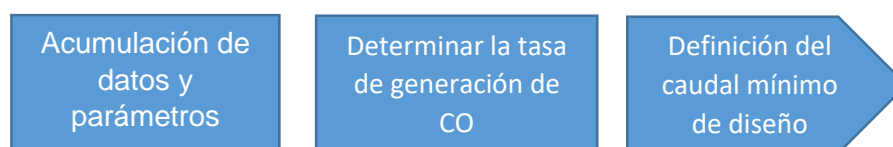


Figura 19. Método según ASHRAE

2.2.4.2.1. Recolección de información

2.1.4.2.1.1. Número de vehículos en operación en hora de máxima incidencia

Este valor se determina por medio de la cantidad de vehículos moviéndose en el mismo momento de tiempo para darlo como variable, este será consecuencia de la forma de trabajo del estacionamiento. Se manejan mediante porcentajes para la totalidad del espacio del estacionamiento con el conocimiento del tipo de uso que tiene el ambiente como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. En hora de mayor afluencia el porcentaje de vehículos en movimiento

Tipo de Uso	Porcentaje de la capacidad del estacionamiento (%)
Continuo (Centros Comerciales, edificios departamentales	5-10
Otros (estadios deportivos, institucionales, aeropuertos, etc.)	15-20

Fuente: (ASHRAE 2011:15.20)

2.1.4.2.1.2. Tasa de emisión promedio de monóxido de carbono

Definitivamente un conducir un vehículo dentro del estacionamiento se debe considerar de otra manera de cómo se mediría sus atribuciones fuera de esta o en la calle. Desde el momento que el vehículo arranca para iniciar su marcha para dirigirse a la salida de un estacionamiento, definitivamente su motor se encuentra en temperaturas bajas y a baja velocidad, con la mezcla abundante de combustible. En aquel instante las emisiones son consideradas de alto riesgo, puesto que, emiten la mayor cantidad de contaminación, según sea el estado del vehículo. Según la tabla 8 se tienen los valores de emisión según la estación del año.

De la tabla 1, se toma los valores de concentraciones de gases a variables condiciones de trabajo de los vehículos.

Tabla 8. Emisiones en estacionamientos

	Emisión en caliente		Emisión en frío	
	g/min		g/min	
Estación	1991	1996	1991	1996
Verano. 32°C	2,54	1,89	4,27	3,66
Invierno, 0°C	3,61	3,38	20,74	18,96

Nota: Velocidad del vehículo = 8 km/h

Fuente: (ASHRAE 2011:15.20)

Los gases que despiden un vehículo están ligados a muchos factores, como el tipo clase del vehículo, tiempo de fabricación, la existencia de catalizadores en el tubo de escape, el mantenimiento del motor, otros factores internos.

2.1.4.2.1.3. Tiempo de operación promedio

Las características físicas del estacionamiento son fundamentales, son parámetros a tomar en cuenta a la hora de valorar el tiempo de operación de un vehículo dentro del estacionamiento, también se debe considerar la cantidad de vehículos que quieren entrar o salir del estacionamiento. El índice de tiempo t que puede permanecer en movimiento un

vehículo varía de 60 a 600 segundos. La ASHRAE 2011:15.19, se precisa que se debe tomar un valor de funcionamiento de los vehículos en 60 a 180 segundos en el recinto.

Para conocer el dato del tiempo que tarda un vehículo es necesario saber la forma del estacionamiento, entonces desde uno de los lugares más alejados hasta la entrada del estacionamiento haría un lapso de 120 segundos, por supuesto a una velocidad controlada y promedio de 5 km/h se debe acordar que el lapso del tiempo que demora en encender el vehículo y realizar las respectivas operaciones para salir de la ubicación será de 60 segundos más. De tal forma que se llega a la conclusión que el tiempo promedio de un vehículo, t tendría el valor de 180 segundos.

2.2.5. Sistema de ductos

Para ingresar y extraer aire de un recinto, la idea principal es unir en este caso el equipo inyector o el extractor a un sistema de guías o ductos, con el propósito de conducir el fluido a determinados puntos en el espacio que aseguren que el ingreso y salida del fluido sea de manera regular y controlada. El fluido es un gas inerte y la única forma de ganar movimiento es por la acción que realiza un ventilador, el cual lo succiona o lo expulsa, pero si es que este encuentra en su recorrido que se opone a su movimiento, a los desvíos en su dirección y algunos otros impedimentos que pueda encontrar en su direccionamiento. Para tener un adecuado sistema de ventilación general se debe tener en cuenta los detalles siguientes:

- Espacio accesible
- Distribución del fluido
- Escala del sonido
- Equipos de ventilación
- Aseguramiento de siniestros de incendios
- Costo de implementación del diseño
- Costo de operatividad del proyecto

Como se sabe y se debe tomar en cuenta que si se diseña e implementa un sistema de ventilación de manera errónea puede traer en colación que la operación sea ineficiente y los costos para dicho fin sean muy elevados.

2.2.5.1. Principios de diseño

2.2.5.1.1. Flujo laminar y turbulento

El movimiento que realiza un fluido cuando está en el conducto manifiesta dos tipos de movimientos y son: flujo laminar y flujo turbulento. El flujo laminar es un movimiento del fluido con cada uno de sus partículas en un orden casi exacto donde sí se aprecia minuciosamente en ningún momento se cruzan una con otra. Si se ve detenidamente la forma de movimiento del fluido en este caso las velocidades en los puntos más céntricos del conducto son más altas que las que se encuentran cercanas a las paredes del conducto, es ahí donde la velocidad según la distancia de recorrido se hace casi nula, es aquí donde nace el tan conocido perfil de las velocidades en un conducto. De otra manera ocurre en el flujo turbulento, el cual es una de sus adaptaciones el movimiento en desorden de sus partículas que también se cruzan una con otra, y algunas veces en la dirección opuesta a su normal desplazamiento. Si se analiza cada punto o algunos diversos en su trayectoria, la velocidad no es la misma como la del flujo laminar.

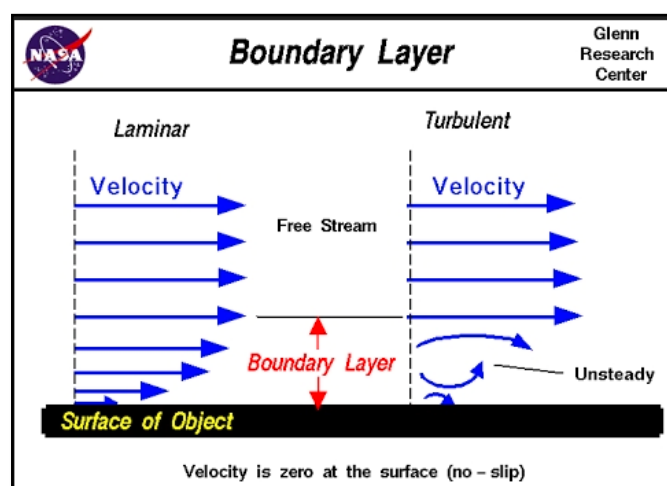


Figura 20. Flujos laminar, en transición y turbulento.

Fuente: (Cengel 2006:11)

Los puntos antes mencionados son teóricos de la diferencia de conceptos entre cada uno de los tipos de flujos, como se muestra en la figura 19, entonces para medir y hacer un análisis en valores si es que un flujo que viaja a diferentes velocidades. Se puede ver desde 4 variables: la velocidad del fluido, el diámetro del conducto, la densidad del fluido y la viscosidad dinámica; analizando los siguientes datos:

$$Re = \frac{D \cdot \rho \cdot v}{\mu} \quad (5)$$

Dónde:

Re	:	Número de Reynolds.
D	:	Diámetro del conducto, en m.
ρ	:	Densidad del fluido, en kg/m^3 .
v	:	Velocidad del fluido dentro del conducto, en m/s.
μ	:	Viscosidad dinámica del fluido, en $\text{kg/(m}^*\text{s)}$

Dentro de los parámetros obtenidos en la formula anterior se obtiene un valor de menos de 2 100 este flujo será de manera exacta laminar, de la misma forma de análisis si los índices son más de 4 000 el flujo es turbulento, y si el valor determinado esta entre estos dos valores dados anteriormente entonces el flujo se encuentra en transformación. Si se analiza e ingresa al proyecto de ventilación, es muy cotidiano hallar que los números de Reynolds cuenten con un índice que va de 10 000 a 100 000. No es normal hallar valores que este por los 30 000. Entonces como son valores que están por encima de 4 000 los flujos serán siempre turbulentos en sistemas de ventilación (Alden 1982:9).

2.2.5.1.2. Ecuación de Bernoulli

Se deriva del teorema de la conservación de la energía en todos sus puntos. Se puede establecer que si se tiene y se analiza 2 puntos entre el 1 y 2 interiormente en el conducto ideal que no participe la fricción, en el cual se mueve un fluido sin compresión puede cumplirse con las afirmaciones siguientes:

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + p_1 + \rho g h_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + p_2 + \rho g h_2 \quad (6)$$

Dónde:

- ρ : Presión hidrostática, en Pa.
 g : Gravedad, en m/s².
 h : Altura del punto respecto a un plano de referencia, en m.

Si se ingresa las perdidas por la fricción en las paredes, la fórmula de Bernoulli se muestra en la ecuación:

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + p_1 + \rho g z_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + p_2 + \rho g z_2 + \Delta p_f \quad (7)$$

Dónde:

- Δp_f : Pérdidas por fricción, en Pa.

Para los sistemas de ventilación y más que es el caso del proyecto, los valores de la energía potencial del fluido en estudio es casi imperceptible o de pequeña magnitud por lo que para hacer los cálculos es imprescindible colocarlo en los cálculos.

Para el teorema de Bernoulli analizando un punto donde se saca la presión total en el sistema, se puede expresar con la suma algebraica de las presiones estática y dinámica.

$$p_t = p_e + p_d \quad (8)$$

Dónde:

- p_t : Presión hidrostática, en Pa.
 p_e : Presión estática, en Pa.
 p_d : Presión Dinámica, en Pa.

La presión estática es aquella que tiende a comprimir o expandir el fluido y colapsar el conducto. Se presenta igual en todas las direcciones. Mientras que la presión dinámica

actúa solamente en la dirección del flujo y se requiere para acelerar la masa que fluye hasta una velocidad determinada.

2.2.5.1.3. Repulsión del fluido

Se debe tener en cuenta en las pérdidas de presión de un fluido dentro de un sistema de ductos por las siguientes causas: pérdidas por fricción y pérdidas dinámicas. Debido al rozamiento que realiza el fluido en su viaje hacia donde es movido, la energía mecánica que contiene se deriva a convertirse también en calor.

2.1.5.1.3.1. Pérdidas por fricción

Uno de los datos más importantes para determinar su pérdida de fricción del fluido que se esté estudiando, es tener las características que es el caso de su viscosidad y mientras el recorrido del fluido sea más largo las pérdidas de fricción serán mayores. La ecuación 9 de Darcy es la mejor para determinar su valor:

$$\Delta p_f = \frac{1000 f L}{D_h} * \frac{\rho v^2}{2} \quad (9)$$

Dónde:

Δp_f : Caída de presión por fricción, en Pa.

f : Factor de fricción.

L : Longitud del ducto, en m.

D_h : Diámetro hidráulico, en mm.

En el flujo laminar, solo se puede obtener la fricción f analizando el valor obtenido de Numero de Reynolds. Y si es que se pone a analizar los datos para el flujo turbulento el factor de fricción vendrá anotado por otras variables. El autor especializado Colebrook brinda una ecuación para hallar el valor del factor fricción:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 D_h} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (10)$$

Dónde:

ϵ : Rugosidad absoluta del material del conducto, en mm.

Como se ve es muy difícil resolver dicha ecuación, entonces por esta razón se utiliza procedimientos de aproximaciones, la que más se usa es la aproximación de Swamee-Jain:

$$f = 0.25 \left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7D_h} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2 \quad (11)$$

En la tabla 9, se muestra las rugosidades que se tiene para los diferentes materiales con los que se cuentan para instalaciones de sistemas de ventilación mecánica.

Tabla 9. Valores de rugosidad absoluta en diversos materiales usados en la implementación

Material	Categoría	Rugosidad absoluta en mm
Acero al carbono sin recubrimiento	Liso	0,03
PVC		
Aluminio		
Acero galvanizado, costura longitudinal, juntas de 200 mm	Semi liso	0,09
Acero galvanizado, Rolado, costura espiral, juntas de 3600 mm		
Acero galvanizado, costura longitudinal, juntas de 760 mm	Medio	0,15
Acero galvanizado, costura corrugado, juntas de 3660 mm	Semi rugoso	0,9
Fibra de vidrio rígida		
Flexible, totalmente extendido		
Flexible metálico	Rugoso	3
Concreto		

Fuente: (ASHRAE 2009:21.6)

2.1.5.1.3.2. Pérdidas dinámicas

Se puede mencionar que para describir estas pérdidas, se tratan de los resultados que dan el redireccionamiento del flujo de aire, se puede considerar a los accesorios u otros tipos de equipos que se involucran en su instalación general. Se debe decir que para hallar un valor de las pérdidas de presión que sufre el fluido por un accesorio, se puede mostrar por medio de un coeficiente adimensional C_o que si lo menos para flujos con parecidas características tienen los mismos valores en datos de dinámica.

$$C_o = \frac{\Delta p_d}{p_d} \quad (12)$$

Dónde:

C_o : Coeficiente de pérdida de presión

Δp_d : Pérdidas dinámicas, en Pa.

Esta presión dinámica, o simplemente de velocidad, también guardan características de la velocidad del fluido.

$$p_d = \frac{\rho * v^2}{2} \quad (13)$$

2.1.5.1.3.3. Ecuación de Darcy-Weisbach

Si se analiza la pérdida de presión en un tramo de ducto que está constituido por accesorios y otros directos, se puede desarrollar con la posterior expresión

$$\Delta p = \left(\frac{1000 * f * L}{D_h} + \sum C_o \right) * \left(\frac{\rho * v^2}{2} \right) \quad (14)$$

2.2.5.2. Trayecto del sistema

Para diseñar un sistema de ventilación se debe aprovechar todo el espacio disponible que se cuenta en ambiente, para de esta forma lograr un diseño ideal que pueda dar seguridad que sea un lugar limpio y seguro. Antes que todo se debe de idear y bosquejar cuáles serán los espacios de extracción. Como se sabe muchos de los diseños se basa en normas internacionales, la cual una de ella que es la UNE 100-196 el cual proporciona el dato que

se tiene que implementar una rejilla de extracción en cada 100 m² del área total del estacionamiento (AENOR 1992:4).

Para distribuir las rejillas de extracción dentro del ambiente se debe tomar en cuenta las siguientes observaciones:

- Las rejillas deben ser colocadas lo más cerca posible a cada estacionamiento de vehículos, es allí donde se genera la mayor contaminación, y ubicaciones para que se eviten que el fluido se quede en un solo lugar.
- Se colocaran lejos de las salidas del recinto para que de esta manera lograr una buena distribución y la difusión de los contaminantes.
- Las rejillas deben estar alejadas un máximo de 10 metro una con otra (S&P 1995:20).

Se pueden ver en qué lugares se han ubicado las rejillas en los planos de los anexos. El ejercicio de colocar el sistema de ductos en la arquitectura se deben evitar en lo posible columnas, ambientes del lado del recinto, y algunos cruces que ocurran con otros sistemas. Como se dijo anteriormente mientras más sea el recorrido ductos mayor será la caída de presión que tenga que vencer el fluido, se debe evitar esto, además para reducir los costos en su implementación.

2.2.5.3. Velocidad del aire

Es importante presentar parámetros para la velocidad del aire, porque este influye en la tranquilidad y la calidad de estadía de las personas en 2 causas: la forma como se siente que cae el chorro sobre las personas y el nivel sonoro que tiene en su presencia en el ambiente. Si se coloca y se lanza un curso de aire a la altura de las personas se produce una impresión de enfriar el ambiente. Cuando se habla del sonido que se mantiene en un fluido, es cuando este viaja por medio de los conductos ya sea para extraer o inyectar el fluido, o también cuando este fluido es expulsado al ambiente describe un nivel de sonido que algunas veces es perjudicial para las personas.

En la tabla 10, se entrega las recomendaciones que se debe tomar para establecer las velocidades con respecto al sonido que emiten según sea el establecimiento determinado por el proyecto.

Tabla 10. Velocidad del aire con respecto al ruido que hacen en la entrada del fluido

Ambiente	Velocidad de aire (m/s)
Zonas públicas comerciales	
A niveles de ocupantes en movimiento	3 a 4
Cerca de personas sentadas	2 a 3
Bocas en parte baja de puertas	3 a 3.5
Persianas en las paredes	2.5 a 5
Captaciones a nivel del techo	4 a mas
Naves industriales	5 a 10
Sistemas de alta velocidad	2 a 4

Fuente: (Salvador Escoda 1998:68)

En la tabla 11, se muestra los valores de velocidad recomendados para ductos principales y secundarios para el cálculo de sistemas de ductos.

Tabla 11. Velocidad del aire atendiendo al ruido en ductos

Instalaciones	Velocidad de aire (m/s)	
	Principal	Secundario
Individualizadas		
Caudal de 500 a 1000 m ³ /h	1 a 3	1
Caudal de 1000 a 5000 m ³ /h	3 a 5	1 a 3
Caudal de 5000 a 10000 m ³ /h	5 a 7	2 a 4
Centralizadas		
Residencias, salones, hoteles	3 a 5	1 a 3
Locales públicos, oficinas	5 a 7	2 a 3
Espacios industriales	5 a 10	2 a 5

Tabla 11. Continuación

Instalaciones	Velocidad de aire (m/s)	
	Principal	Secundario
Locales públicos		
Conductos de velocidad media	5 a 10	3 a 5
Conductos de alta velocidad	10 a 20	5 a 10
Semicentralizadas		
Conductos de baja velocidad	2 a 7	3 a 4
Conductos de velocidad media	5 a 10	3 a 5
Conductos de alta velocidad	10 a 20	5 a 10

Fuente: (Salvador Escoda 1998:68)

2.2.5.4. Rejillas de extracción

Una vez establecido cual será el caudal de aire que se extraerá por cada una de las rejillas de extracción y además conociendo las velocidades que deben describir estos accesorios, se hará la selección de cada una de ellas. Lo importante también aquí es seleccionar el tipo de rejilla que haga la mejor labor según sea el sistema. También se puede elegir la misma rejilla tanto como extraer como para inyectar si así es lo considerado. Se Tiene varios tipos de rejillas, pero las más usadas y las que las implementaciones requieren son las de aletas ajustables, con un diseño propio y ofrecen gran cantidad de adecuaciones.

Estos tipos de rejillas con sus aletas ajustables y móviles son usadas para la inyección y extracción de aire. Se le puede dar cualquier dirección a las aletas, este dará un determinado valor de caudal de salida o entrada además la dirección del lugar donde se desea entregar el aire para una adecuada ventilación. Ahora también se tiene de las rejillas de deflexión doble como su mismo nombre lo dice tiene dos aletas, y se le puede dar dirección al aire en dos planos según sea la necesidad. Según lo descrito anteriormente pueden ser de aleta fija o móvil de diversas formas. Las aletas pueden ser reguladas en diferentes ángulos para su control. Esta vez se selecciona las rejillas ajustables de la Serie 20,2 marca KOOLAIR que serán diseñadas en su instalación con los ductos. En el anexo

11 del presente proyecto se tiene las dimensiones de las rejillas según sea sus cálculos realizados anteriormente.

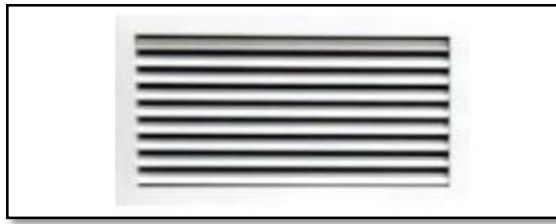


Figura 21. Rejilla de aleta ajustable para ducto – Serie 20,2

Fuente: (KOOLAIR)

Se tiene que tomar en consideración la velocidad para la extracción, de esta forma se obtiene el área efectiva de flujo por medio de la ecuación que viene a continuación:

$$Q_r = V_{ex} * A_{ef} * \gamma * 1000 \quad (15)$$

Dónde:

Q_r : Caudal de extracción de la rejilla, en l/s.

V_{ex} : Velocidad de extracción de aire, en m/s.

A_{ef} : Área efectiva de la rejilla, en m².

γ : Factor de corrección.

2.2.5.5. Dimensionamiento de ductos

2.2.5.5.1. Métodos de dimensionamiento

2.1.5.5.1.1. Método dinámico

Para este método se debe seleccionar la velocidad de las velocidades de manera arbitraria en diferentes secciones del mismo sistema, desde la velocidad más grande que es la que sale del ventilador, hasta llegar a la velocidad de extracción que se le da a cada una de las rejillas.

Una vez que se tiene los valores de las velocidades y el caudal que se necesita en cada punto en cada uno de los tramos dentro del sistema, se puede encontrar cual es dimensión de dichos ductos mediante la ecuación de cálculo del caudal:

$$Q = V * S \quad (16)$$

Dónde:

Q : Caudal en el punto de análisis, en m³/s.

V : Velocidad del aire en el punto de análisis, en m/s.

A : Área de la sección del ducto en el punto de análisis, en m².

De tal forma ya se tendría la sección del ducto en los puntos estudiados y se pueden obtener sus dimensiones reales.

2.1.5.5.1.2. Método de fricción equivalente

Para este método se escoge la velocidad de la última derivación del sistema, también escogiéndolo de manera arbitraria, también llamado método de equifricción. Para dar como resultado el área en este punto se puede calcular usando la ecuación 16. Como se sabe la pérdida de fricción se debe mantener constante por cada unidad de longitud a lo largo de todo el recorrido del sistema utilizando la ecuación de Darcy-Colebrook.

Cuando el diseño necesita largas longitudes de ductos este método es pertinente puesto que asegura la distribución del aire de manera correcta. Pero como se sabe las velocidades en los diferentes puntos del sistema pueden variar, pero se debe cerciorar que no pase el límite permitido. Todos estos cálculos se realizan para hallar ductos circulares, pero hay ocasiones en que la geometría del ambiente no lo permite, entonces en estas condiciones se debe usar ductos rectangulares, y esto se puede obtener por medio de la fórmula de Huebscher:

$$D_{eq} = 1,3 \sqrt[8]{\frac{(H*W)^5}{(H+W)^2}} \quad (17)$$

Dónde:

D_{eq} : Diámetro equivalente del ducto, en mm.

H : Altura del ducto rectangular, en mm.

W : Ancho del ducto rectangular, en mm.

Además se puede ir a los anexos donde se tiene un gráfico que se muestra equivalencias de los ductos de secciones rectangulares comparadas con las circulares basadas obviamente en la formula anterior.

2.2.5.5.2. Cálculo de secciones de ducto

Para los cálculos que se realizara para seleccionar los ductos se debe usar el método de fricción. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones se recomienda que los ductos deben mantener una distancia con respecto al piso de 2,1 (Ministerio de Vivienda 2006:320646) y también dice que se debe mantener una altura hasta la viga de 2,4 metros, es importante conseguir que la altura de los ductos no estén por encima de los 300 mm. Con lo antes dicho se hace casi imposible colocar ductos circulares, no se limitara a colocar ductos rectangulares. Lo más apropiado es que los ductos en sección rectangular su largo y altura tengan una relación de 1 a 1. Sin embargo, en muchas de los proyectos esto no es posible, pero la restricción es que los ductos en su sección deben tener una relación de 5 a 1 como máximo.

Se debe tomar en cuenta en cada dimensionamiento dos aspectos importantes: el costo de su instalación y las pérdidas de fricción. Para el gráfico de las gráficas se tendrán unas características de una rugosidad absoluta de 0,09 mm y una densidad del aire de 1,20 kg/m³.

Los aspectos físicos y ambientales son muy importantes en el momento de seleccionar la sección del ducto, para esto se tiene la tabla 12 con los siguientes datos:

Tabla 12. Características para el cálculo de ductos

Parámetros	Unidades	Valor
Temperatura del aire	°C	20
Densidad del aire	kg/m ³	1,2
Viscosidad cinemática	m ² /s	1,52 x 10 ⁻⁵
Material del ducto	-	Acero galvanizado (comercial)
Rugosidad absoluta	mm	0.09
Altura máxima de ducto	mm	300
Ancho máximo de ducto	mm	1500
Diámetro equivalente máximo	mm	681,4
Caída de presión por metro mínima	Pa/m	650
Velocidad máxima en ducto secundario	m/s	7,5
Velocidad máxima en ducto principal	m/s	12

2.2.5.6. Caídas de presión

Para conocer cuál será el ventilador que se usara, se necesita comprender y tener de dato la presión que debe vencer este ventilador con las fuerzas que se opondrán en su trabajo. Para mencionar cuál es la presión a vencer, es la que se pierde durante todo el recorrido que realiza el fluido dentro de cada uno de los ductos el cual participa. También todas las pérdidas de fricción que se originan por los accesorios colocados en su trayecto como codos rejillas, derivaciones, etc.

La resistencia a vencer por el ventilador es el resultado de sumar las pérdidas de presión que se producen en cada una de las secciones del sistema. Una vez obtenido este valor se puede elegir el ventilador con las restricciones correspondientes desde el ingreso o salida del aire hasta los ductos que integran el sistema.

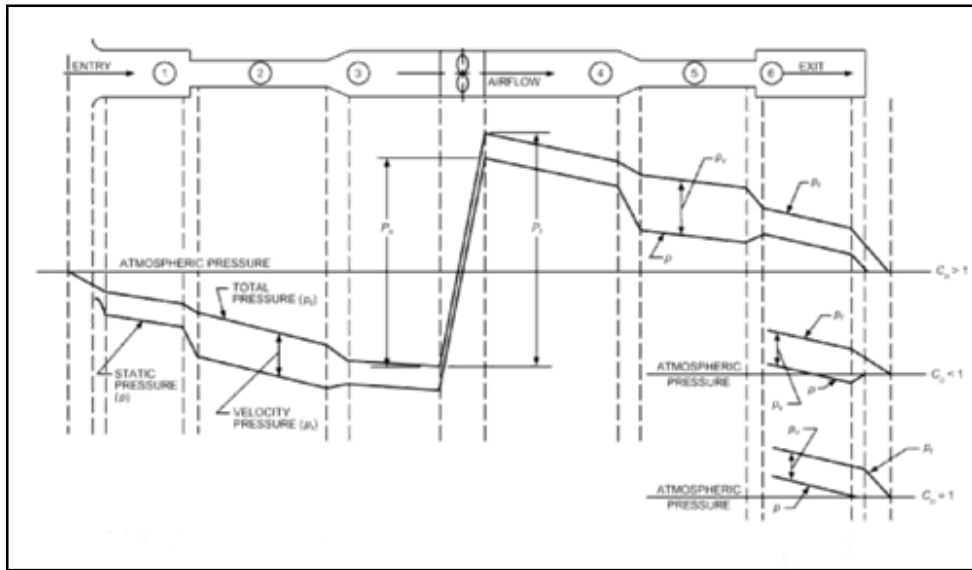


Figura 22. Variación de presiones en el fluido para los ductos

Fuente: (ASHRAE 2009:21.5)

Para calcular de manera exacta la caída de presión en el sistema en general es importante calcular la pérdida de presión desde el ingreso o salida del aire en la rejilla más alejada, hasta la salida o inyección del fluido.

2.2.5.6.1. Pérdidas por fricción

Se tiene los ductos que se calcularon en cada uno de las longitudes del estacionamiento para una pérdida de presión constante. Los análisis y cálculos que se hacen para los sistemas de ductos se deben de realizar por cada longitud de ducto recto, por lo que es necesario evaluar su longitud en cada entrada y salida.

2.2.5.6.2. Pérdidas dinámicas

Los cambios de dirección que realiza el fluido dentro del sistema son muy importantes, puesto que, causan pérdidas de presión dinámica, importante valor a vencer por el ventilador.

2.2.5.6.3. Pérdidas totales

Para obtener el máximo valor de pérdidas de presión resulta de los valores que ya se obtuvo anteriormente en cada uno de los análisis expuestos.

2.2.5.7. Consideraciones para la construcción

La construcción o de que material estarán implementados los ductos ya calculados son muy importantes para mantener un sistema optimo que mantenga los estándares de edificaciones.

2.2.5.7.1. Espesor de los ductos

El espesor al que debe considerar para montar un ducto es muy importante, puesto que, este está directamente dirigido por la presión que ejerce el sistema en operación, las normas SMACNA recomiendan calibres de ductos rectangulares.

Para obtener los espesores es solo dirigirse y entender cuál es el calibre de los ductos para definir el espesor de la plancha, todo está relacionado a qué tipo de ducto se le pondrá, es decir el tipo de compuesto que contiene. Para este caso el material a implementar es de acero galvanizado.

En la tabla 13, se muestra los espesores de las planchas de fierro galvanizado que se podrían instalar en un proyecto representado por el calibre.

Tabla 13. Espesores de plancha galvanizada

Calibre	Espesor (mm)		Masa Nominal (kg/m ²)
	Nominal	Mínimo	
30	0,399	0,319	3,2
28	0,475	0,395	3,81
26	0,551	0,471	4,42
24	0,701	0,601	5,64
22	0,853	0,753	6,86
20	1,066	0,906	8,08
18	1,311	1,181	10,52
16	1,613	1,463	12,96
14	1,994	1,784	16,01
13	2,372	2,162	19,07

Tabla 13. Continuación

Calibre	Espesor (mm)		Masa Nominal (kg/m ²)
	Nominal	Mínimo	
12	2,753	2,523	22,12
11	3,132	2,902	25,16
10	3,51	3,28	28,21

Fuente: (ASHRAE 2008:18.3)

Pueden variar con respecto al refuerzo que se ponga según sea la sección y longitud del ducto. Los pasos para elegir el calibre del ducto, se tiene que tomar en cuenta el lado menor de la sección del ducto en estudio. Y después de esto se obtiene los refuerzos con los que se debe determinar los calibres, para diferentes tamaños de los ductos. Es importante saber qué tipo de presión o cuál es su valor que ejerce.

En la tabla 14, se tiene las presiones que se podrían tener en los ductos que se diseñen mostrando los espesores recomendados y disponibles.

Tabla 14. Clase de presión en ductos

Clase de presión (pulg.c.a.)	Presión de operación (Pa)
1/2	Hasta 125
1	Mayor que 125 hasta 250
2	Mayor que 250 hasta 500
3	Mayor que 500 hasta 750
4	Mayor que 750 hasta 1000
6	Mayor que 1000 hasta 1500
10	Mayor que 1500 hasta 2500

Fuente: (SMACNA 1998:1.5)

2.2.5.7.2. Reforzamiento de ductos

En la figura 22, se muestra una determinada selección de refuerzos de ductos dependiendo del tamaño y dimensiones del ducto.

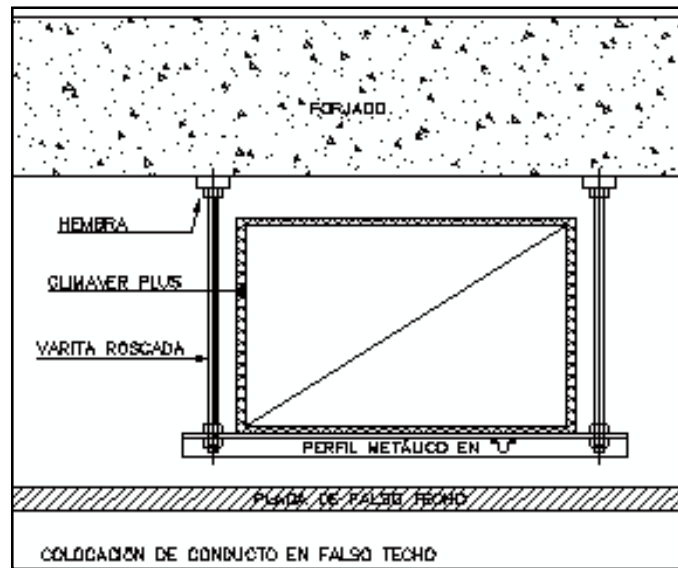


Figura 23. Reforzamientos intermedios

Fuente: (Propia)

2.2.6. Selección de equipos y accesorios

2.2.6.1. Selección del ventilador

El ventilador es una pieza fundamental en el funcionamiento de un sistema de ventilación. Con los datos y los cálculos realizados anteriormente su selección se basa en solo cumplir con los valores que se determinará en el caudal pérdidas de fricción totales, y las características eléctricas propiamente dicha para la elección del motor. Además de eso se debe tomar en cuenta como un plus que estos ventiladores deben tener la condición de resistir una alta temperatura, puesto que en caso ocurra un siniestro de incendio dentro del estacionamiento, el sistema de extracción de monóxido de carbono ayude a evacuar de alguna forma los humos generados por la acción de quemarse alguno auto o material dentro de el, entonces se determina que el ventilador debe resistir una elevación de la temperatura de aproximada de 400 °C (Salvador Escoda 1998:103). El ventilador como material principal está armado de acero o de aluminio según sea su requerimiento, el aluminio tiene un punto de fusión menor al punto de fusión del acero, por lo que serán fabricados de acero y cumplan con las características técnicas. El ventilador también debe cumplir con las referencias del lugar en donde se ejecutara el trabajo.

Para la ejecución de este proyecto se está proyectando seleccionar para la extracción, equipos de ventilación de flujo mixto, este tipo de ventiladores contribuye y fusiona las cualidades y características de los equipos centrífugos y los equipos axiales, tal y cual como lo dice su propio nombre el cual lo designa.

Para los ventiladores axiales se tiene que estos son más eficaces para flujos de lanzamiento de aire en forma lineal, es decir, que la trayectoria que describe este fluido es en un orden determinado, para los ventiladores centrífugos se puede tener la facilidad o la accesibilidad de vencer grandes presiones, que en cuanto al proyecto se tiene grandes distancia por el cual se va a desarrollar el fluido a extraer.

Una de las razones adicionales que se utilizaran estos equipos es porque el fluido extraído lo empuja en forma lineal, y gracias a ello se tiene como resultado que dan mayor eficiencia, bajan los consumos eléctricos por lo que el costo de operatividad es muy bajo. Se debe mencionar también que sus motores mantienen un bajo valor de RPM y alcanzar los mismos parámetros de flujo másico y presión que un ventilador centrífugo por su mejorada eficiencia. Otra de las atribuciones importantes es que mantiene un bajo nivel de ruido, gracias a su construcción de manera aerodinámica interna y externamente, haciendo que dentro de los equipos se forme en lo mínimo flujo de aire turbulento, de esta manera disminuir de manera considerable las vibraciones que se producen en su rompimiento del momento de inercia y su mismo trabajo. En el anexo 15 del presente proyecto se tiene las fichas técnicas de los equipos seleccionados para este tipo de sistemas. Se muestra la figura 23 del isométrico del equipo, el cual describe el motor, el ingreso y salida del aire la base soporte del equipo donde pueda ser instalado.



Figura 24. Ventilador de flujo mixto de la serie QMX de LOREN COOK

Fuente: (LOREN COOK catalogo)

Para los equipos de inyección se seleccionará ventiladores centrífugos de simple entrada, los cuales son derivados o tienen las características de los ventiladores centrífugos, los cuales cuentan con alabes electro soldados en el rotor inclinado hacia atrás para crear una mejor eficiencia y vencer los factores de pérdidas de presión que se le interpongan en el viaje del fluido desde un punto hacia otro de según la aplicación. En el anexo 16 del presente proyecto se tiene las fichas técnicas de los equipos seleccionados para este tipo de sistemas.

La figura 24, se muestra el isométrico del equipo centrífugo de simple entrada que se implementara en el proyecto, haciendo una descripción de lo que tendría en cada uno de sus parámetros establecidos y así tener un buen trabajo de operatividad en el sistema.



Figura 25. Ventilador centrífugo de simple entrada de serie CPS de LOREN COOK

Fuente: (LOREN COOK catalogo)

Entonces se tiene ventiladores de la serie QMX y CPS según disponga de su fabricación la marca LOREN COOK, con muchos años de contribuir al rubro de la ventilación industrial con ventiladores diseñados y contruidos con alta tecnología y calidad. Estos equipos son certificados por Underwriters Laboratories para uso comercial e industrial (UL 705) y para el control de humo, y por AMCA para el manejo de aire.

2.2.6.2. Sensor de monóxido de carbono

El sensor de monóxido de carbono, se podría decir que es el accesorio más importante de todo el sistema, debido a que gracias a su compleja configuración de fabricación, mide el valor de concentración de monóxido de carbono, cercano al lugar en donde se colocara. Es importante mencionar que este accesorio interpreta la señal o el valor ya establecida por nosotros del nivel del gas contaminante, de esta manera se comunica con los equipos que harán el trabajo de limpiar el ambiente. Los valores del proyecto serán de 25 ppm. Para la selección de los sensores se cuentan con los siguientes parámetros:

En la tabla 15, se muestra los parámetros con el cual se debe seleccionar o conseguir el sensor de monóxido de carbono, importante en el funcionamiento del sistema. En el anexo

14 del presente proyecto se tiene las fichas técnicas de los sensores de monóxido de carbono que se usa para lograr el funcionamiento óptimo del sistema.

Tabla 15. Conceptos para elegir el sensor de monóxido apropiado

Parámetros	Valor
Concentración de CO	25ppm
Frecuencia de muestreo máxima	10 minutos
Cobertura mínima	300 m2

Fuente: Elaboración propia

Se toma y se elige el sensor de monóxido de la Marca Veris, con las siguientes características técnicas:

Tabla 16. Propiedades del sensor de monóxido de carbono

Rango de valor	0-300 ppm
Precisión	+/-3%
Elemento sensor	Electroquímico
Tensión eléctrica	15-30 AC/DC
Operatividad	Espacio abierto
Alcance	300 m2
Otros	Alarma auditiva opcional

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16, se tiene las características que cumple el sensor de monóxido de carbono que se elige para colocar estos accesorios en las ubicaciones finales.



Figura 26. Sensor de monóxido de carbono AG01

Fuente: (VERIS.com)

✓ **Lógica de funcionamiento de un sistema de ventilación de estacionamientos de sótanos con sensores de monóxido de carbono**

Para desarrollar y hacer un sistema de funcionamiento para la extracción de monóxido y esta resulte en su totalidad lo más automatizado posible, de tal forma que el operario no participe del todo en su pleno funcionamiento, se debe tomar en cuenta que el cálculo del caudal de ventilación, tanto para su extracción e inyección además de su presión total a vencer por los ventiladores son muy importantes también para diseñar su sistema de automatización.

Como se ha dicho en algunos alcances teóricos y especificaciones técnicas de los sensores de monóxido, estos dispositivos están capacitados y contienen la tecnología suficiente para sostener, controlar y recibir la concentración de monóxido de carbono que se encuentra dentro del ambiente, por tal motivo su ubicación de cada uno de ellos resulta de especial cuidado, por lo general y según su características estos funcionan con un rango de lectura de aproximadamente 100 m² de área de trabajo, según este valor el número de sensores de monóxido de carbono resulta esencial.

Una vez colocado los sensores que por lo general cuentan con un contacto eléctrico normalmente abierto, se conectan algunas veces en distribución de paralelo u otras veces en serie, uno con otro hasta llegar con un cable general hasta el tablero eléctrico del motor del ventilador. Estos sensores tienen una expectativa de lectura de 0 a 300 ppm (partes por millón) que dará una señal auditiva y de encendido para los ventiladores cuando estén en el caso del proyecto en 25 ppm, es decir, cuando se tiene esta concentración, los sensores de monóxido que están conectados directamente con el ventilador, los encenderán.

Una vez que los sensores detecten que la concentración de monóxido es menor a la diseñada en el proyecto, estos abrirán su contacto y ordenaran apagar los ventiladores y así hasta que nuevamente llegue a la concentración limite permisible.

2.3. Definición de términos

Partes por millón (ppm): Es un término muy usado para medir el nivel de concentración que se encuentra en un fluido en recinto o espacio determinado.

Emisiones vehiculares: Son los gases que escapan de los vehículos motorizados después de hacer el proceso de combustión, según sean sus parámetros de medición.

Contaminación del aire: Resulta que son las partículas nocivas que viajan por el ambiente movidos por la velocidad del viento, pueden ser muy tóxicos y perjudiciales para la inhalación de una persona.

Flujo de aire: Es el volumen del fluido que en este caso es el aire que puede ser medido mediante diferentes estándares.

Extracción localizada: Se entiende que es el tipo de extracción que tiene que ser concentrada su trabajo en un punto determinado, para de esa forma tener una verdadera limpieza del ambiente.

Rotor del ventilador: También llamado tambor del ventilador centrífugo, que es sistema mecánico que integra y dirige las paletas o alabes que pueden el fluido dentro del equipo.

Concentración límite permisible: Es la unidad de medida que resulta de un rango de medición que puede soportar en un ambiente, sea el compuesto que lo contenga.

Renovaciones por hora: Es el valor que se tiene para medir el volumen de aire en un determinado tiempo.

Generación máxima de monóxido de carbono: En los vehículos motorizados las salidas o evacuaciones de este gas son muy comunes debido a la configuración del motor de combustión o a su mal mantenimiento.

Toxicidad del contaminante: Si se habla de gases son los problemas que puede causar su inhalación dentro del cuerpo o los problemas que tendrá el medio ambiente con su expansión.

Factor de seguridad: Es el valor que se le da a un resultado de cálculos mecánicos para conservar una plena seguridad que el valor resultante no causara problemas en la realidad.

Difusión de aire: Es la cantidad de aire medible que resulta por medio de cálculos.

Acero galvanizado: Es el acero que se usa comúnmente pero dándole un tratamiento térmico y químico con Zinc, que lo hace tener más propiedades que los otros aceros comunes, como oposición a la corrosión.

Caudal: Es el volumen que se tiene de determinado fluido para tener una referencia de cuanto de velocidad requiere para ser movido.

Fricción: Es la valor que se tiene por diferentes estructuras o materiales cuando rozan o tienen contacto en movimiento de sus cuerpos, se puede decir que la energía cinética se convierte en energía calorífica como resultante.

Viscosidad: Es el valor que se dispone para medir un fluido en cuanto a cuál es su resistencia para oponerse al su propio movimiento generado por otro cuerpo en contacto.

Rugosidad: Resulta del nivel de irregularidades que tiene una determinada superficie, mientras más irregularidades algunas veces microscópicas tenga, mayor será el nivel a impedir que un cuerpo se mueva sobre el objeto.

Calibre del ducto: Son los conjuntos de valores que se tiene para igualar los espesores de las planchas y de esta manera resulte familiar y su nombramiento se tenga bajos las mismas normas.

Certificación UL: Son las normas que legislan el cumplimiento de la fabricación de ventiladores y tengan un parámetro estándar con los materiales que usan eléctricamente.

CAPÍTULO 3:

MARCO METODOLOGICO

3.1. Variables

Según los alcances de Informe de Suficiencia profesional, se pasa a mencionar las variables que se tiene en el desarrollo. Para esto se tiene variable independiente y la variable dependiente.

3.1.1. Definición Conceptual de las variables

3.1.1.1. Variable Dependiente:

Asegurar la concentración permisible de monóxido de carbono en el estacionamiento subterráneo del edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la Republica.

3.1.1.1.1. Definición de la Variable

Esta variable es considerada dependiente porque depende de la variable independiente.

Una vez que se tiene el número exacto de concentración de monóxido después de los cálculos se compara con los datos experimentales arrojados de tal forma que asegure que la concentración ha bajado y ha llegado a la esperada.

3.1.1.2. Variable Independiente:

Diseño de un sistema de Ventilación Mecánica.

3.1.1.2.1. Definición de la Variable

Esta variable es considerada independiente porque no se asocia directamente con la descripción de la variable dependiente.

Se puede diseñar un sistema de ventilación mecánica no solo para adecuar y disminuir la concentración de monóxido de carbono, sino también por el simple hecho de tener un aire limpio y de calidad en el ambiente en donde se trabaja.

3.2. Metodología

3.1.2. Tipos de estudio

Según Hernández, Fernández, Baptista (2010) Metodología de la Investigación. México: McGraw - Hill Interamericana editores S.A. Pp. 80-85. El estudio explicativo, se puede analizar y dar una respuesta las posibles causas de los sucesos y fenómenos físicos o sociales. Para dirigir su concepto se puede establecer que su aplicación se encaja en describir un fenómeno y en qué condiciones o características se presenta, además trata de explicar porque se relacionan dos variables. Lo que trata de decir es dar a conocer cómo se comporta una variable en función de la otra que se coloca; como si fuera una relación de la causa con el efecto, para también cumplir otros criterios de causalidad; necesita de un control de las metodologías y la estadística. Al determinar las causas en la concentración excesiva de generación de monóxido de carbono en el ambiente se marca como la causa del estudio.

El estudio descriptivo, busca especificar las “propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”, es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

“Los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación”, lo cual aplica para el estudio

realizado ya que al inicio del Informe de Suficiencia Profesional se describe en todos sus componentes una realidad, la problemática que existe en la acumulación de monóxido de carbono y determina la contaminación del ambiente de los sótanos, para ello en la realización del ISP, lo que se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta al análisis.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es de tipo no experimental.

Para Hernández, Fernández, Baptista (2006), el diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que “no se manipulan ni se sometió a prueba las variables de estudio, es decir, se trata de investigar donde no se hace variar intencionalmente la variable dependiente”.

Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos (The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences, 2009b).

En un experimento, el investigador prepara deliberadamente una situación a la que son expuestos varios casos o individuos. Esta situación consiste en recibir un tratamiento, una condición o un estímulo en determinadas circunstancias, para después evaluar los efectos de la exposición o aplicación de dicho tratamiento o tal condición.

Por decirlo de alguna manera, en un experimento se “construye” una realidad.

En cambio, en un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.

Asimismo, Hernández, et. al. (2006), define que la investigación es transversal o transaccional ya que recolecta los datos en un solo momento, en un tiempo único. Su

propósito es “describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar fotografía de algo que sucede” (p. 186).

3.1.4. Método de investigación

El método de investigación usado en esta investigación es el Método Analítico, porque en este método se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. La física, la química y la biología utilizan este método, a partir de la experimentación y el análisis de gran número de casos se establecen leyes universales.

Consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver, por ejemplo las relaciones entre las mismas.

Estas operaciones no existen independientemente una de la otra; el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como en todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

CAPÍTULO 4:

METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

4.1. Análisis situacional

4.1.1. Análisis del sector

Las oficinas centrales se pueden ubicar en Jesús María, Lima, Perú, y para mantener un sistema descentralizado y para quitar carga laboral la oficina central, cuenta varias oficinas de coordinación Regional Lima Metropolitana, Lima Provincias, Centro (Huancayo), Norte (Chiclayo) y Sur (Arequipa), también con un poco más de 20 oficinas Regionales en cada uno de las ciudades de Abancay, Ayacucho, Cajamarca, Chachapoyas, Chimbote, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Huaraz, Ica, Iquitos, Moquegua, Moyobamba, Piura, Pucallpa, Puerto Maldonado, Puno, Tacna, Trujillo y Tumbes.

Los edificios administrativos e industriales han logrado estandarizar su construcción, debido que a la falta de espacios en la calles para estacionar y al incremento sostenido del parque automotor; y a la baja vigilancia de las autoridades para legislar la entrada y el aumento exagerado de los vehículos motorizados, además que hay muchas empresas que se dedican a la venta de los vehículos han incrementado su facilidad para adquirir sus productos muchas veces sin poner ninguna restricción para dicho fin.

Debido a lo antes expuesto muchas de ellos han optado por ganar espacio bien sea hacia arriba o hacia abajo. De esta manera en los edificios que en las últimas décadas se

construyen cuentan con estacionamientos subterráneos, al encontrar estas respuestas a la demanda de espacios, se han incurrido en el problema de no contar con un movimiento de aire que es una ventilación natural, en el caso del proyecto en mención del edificio de la “Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la República², no cuenta con ventilación natural en sus estacionamientos.

Se hicieron las mediciones del nivel de monóxido de carbono en los estacionamientos del edificio en mención, llegando a tomar medidas de 12 000 a 18 000 ppm (partes por millón) de niveles de concentración de monóxido de carbono, como ya se ha dicho anteriormente es un gas muy tóxico si se pone en contacto con el oxígeno que se respira en un contexto normal.

Las evaluaciones de la cantidad o el valor de monóxido de carbono se hicieron en un día de semana en donde el ingreso de vehículos estaba en un 60% de su capacidad, medido en el estacionamiento del nivel 3.

De esta manera el proyecto y su objetivo identifican este problema específico para buscar una solución, que cumplan con las normas y también con las consideraciones del cliente, que son satisfacer las necesidades de sus usuarios finales.

Lo que se tratará de solucionar es mantener un nivel de monóxido de carbono en aceptable o permisible, que su máximo nivel a valorar será de 25 ppm (partes por millón), que por supuesto son números importantes a alcanzar, pero que mediante las herramientas y mecanismos de diseño se soluciona este problema y lo principal será salvaguardar las vidas de las personas las cuales ingresan y salen del ambiente con sus vehículos.

4.2. Alternativas de solución

Las soluciones se acotaran en las descripciones que se tendrán para el cálculo de caudal de aire requerido para reducir la concentración de CO en los estacionamientos subterráneos de la “Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la República del Perú”:

4.2.1. Sistema de ventilación mecánica por depresión

Este tipo de sistema se puede conceptualizar tratando de explicar que se trata de colocar un equipo de extracción mecánica que entregue energía cinética al flujo de aire que se desea extraer, motivando a que el aire ingreso mediante la misma presión negativa que se produce dentro del recinto a ambientar, es decir, se coloca el equipo en uno o más puntos estratégicos y teniendo un ingreso de aire del exterior, este por la presión negativa buscara la forma de ingresar por el lugar donde sea más asequible. En la figura 26, se muestra que la salida de aire se realiza de manera forzada con la ayuda de un ventilador, colocado en un punto estratégico de operación.

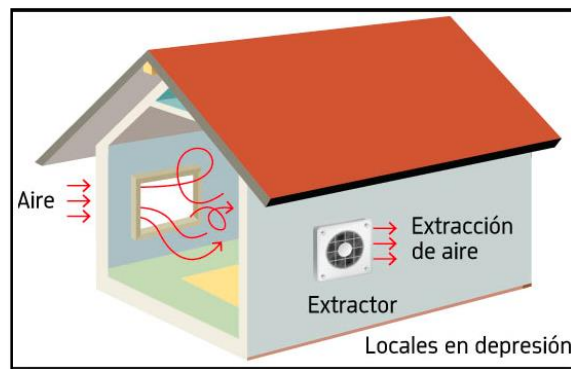


Figura 27. Ventilación por depresión

Fuente: (Revista mundo HVAC)

✓ Ventajas:

- Para su instalación y operación es muy práctico de colocar en el sistema.
- El extractor genera un vacío en el ambiente, es por ello que la rejilla de extracción cuentan con un caudal de extracción requerido en el sistema.
- De acuerdo a los cálculos que se realiza, se seleccionaran los equipos, es por ellos que requieren de un manteamiento objetivo.

✓ Desventajas:

- El nivel de ruido es un gran problema, debido a que si la entrada es muy pequeña generara un ruido molesto en su instalación.

- Si el recorrido de los vientos son en el lugar de la ubicación de expulsión del sistema, creara grandes problemas al contrarrestar dicha fuerza.
- Cuando se producen diferencias de temperatura de un ambiente contra el otro, se pueden generar problemas para el ingreso del aire.
- Para asegurar que los gases no salgan a otras ubicaciones, solo la que se ha ideado, contara con una renovación de aire inadecuada.

4.2.2. Sistema de ventilación mecánica por sobrepresión

Este tipo de sistema se puede desarrollar tratando de explicar que se trata de colocar un equipo de inyección mecánica que entregue energía cinética al flujo de aire que se desea mover del ambiente, motivando a que el aire salga mediante la misma presión positiva que se produce dentro del recinto a ambientar, es decir, se coloca el equipo en uno o más puntos estratégicos y teniendo un ingreso de aire del exterior, este por la presión positiva en el ambiente buscara la forma de salir por el lugar donde sea más asequible. En la figura 27, se muestra que el ingreso de aire se realiza de manera forzada con la ayuda de un ventilador, colocado en un punto estratégico de operación.

Para esto se tiene que tomar en cuenta también los valores y tendencia de los espacio físicamente; es decir, tener en cuenta si es posible colocar este tipo de sistema según el espacio, sus vías de evacuación, el ingreso de aire mecánico o natural del exterior.

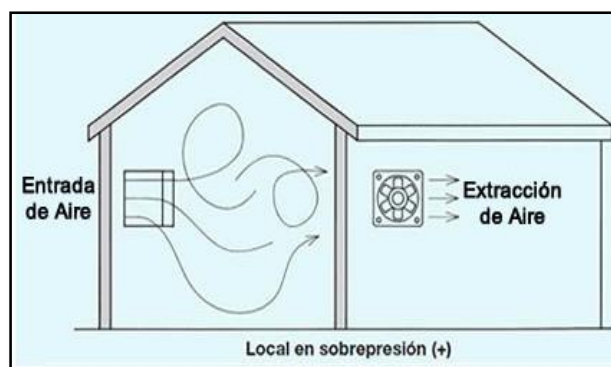


Figura 28. Ventilación por depresión

Fuente: (Soler y palau)

✓ **Ventajas:**

- Si se coloca los ventiladores en un punto correcto estos harán un barrido del aire hacia donde se desea retirar del ambiente.
- El manteniendo para este tipo de sistema de menor porque solo serán para los equipos de inyección.
- La implementación del sistema no requiere de grandes espacios en el recinto para colocar equipos y accesorios.

✓ **Desventajas:**

- Si la salida del aire está en un lugar donde se encuentre siempre la corriente de aire natural, este impedirá que salga sin dificultades al exterior porque ambas corrientes de aire chocaran.
- El sistema contara con una baja renovación de aire, debido a que el aire que sale es menos al que ingresa.
- La velocidad inyección de aire debe ser alta porque se tiene que crear una sobrepresión rápida para que el aire contaminado pueda salir.

4.2.3. Sistema de ventilación mecánica mixta

Este tipo de sistema se puede desarrollar tratando de explicar que se trata de colocar un equipo de inyección mecánica y uno de inyección que entreguen energía cinética al flujo de aire que se desea mover del ambiente, para este caso el equipo de extracción trabajará de tal manera que su caudal sea mayor al de inyección, es así como se crea una presión negativa menor a los tipos de sistemas anteriores. En la figura 28, se observa que el aire ingresa desde los puntos de inyección de aire y también es evacuado por un sistema mecánico.

Este es accionado por corriente eléctrica de forma directa al motor o con algún accesorio de intermediario.

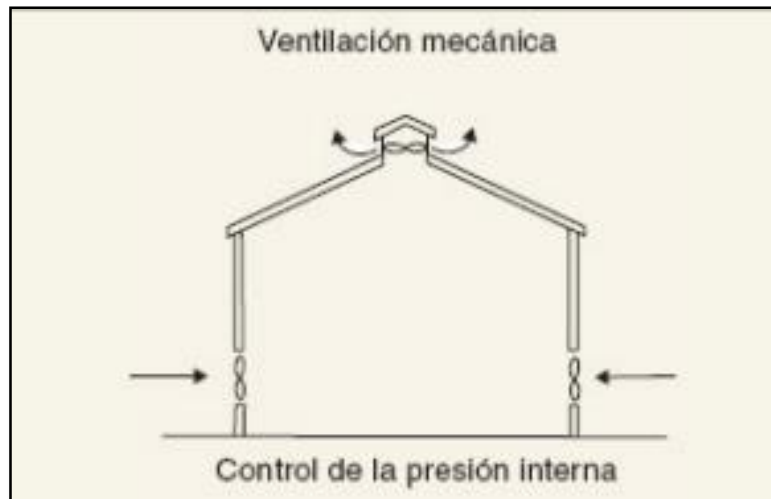


Figura 29. Ventilación mixta

Fuente: (NTP 741: Ventilación general)

✓ **Ventajas:**

- Se puede controlar el aire que se inyecta y se extrae.
- Se puede controlar las renovaciones de aire en el ingreso y la salida del equipo.
- Se puede controlar la velocidad de aire en los puntos que se requiera trabajar.

✓ **Desventajas:**

- Requiere de una implementación y mantenimiento costoso, puesto que, hay mayor cantidad de equipamiento.
- El recorrido de ducto se hace más complejo, puesto que, requiere que el ambiente sea muy grande para poder colocar los ductos algunas veces por el mismo lugar.
- Se tienen que equilibrar los caudales.

Análisis de las soluciones del problema:

Según las alternativas de solución que se han mencionado anteriormente en este proyecto se pasaran por mostrar la solución del problema por la mejor opción.

Ahora se pasa a mostrar una matriz con las opciones de solución del problema donde se hará un análisis para decidir por la mejor opción.

Tabla 17. Matriz de para decidir alternativa de solución

		TIPOS DE SISTEMAS DE VENTILACION MECANICA		
		Ventilación mecánica por depresión	Ventilación mecánica por sobrepresión	Ventilación mecánica mixta
Características de los sistemas de ventilación mecánica	Costo de la instalación	2	2	1
	Disponibilidad de espacio de equipamiento	1	1	3
	Espacio de instalación de sistemas de ductos	2	2	3
	Mantenimiento del sistema	2	2	1
	Tiempo de ventilación de limpieza de aire	1	1	3
	Facilidad de instalación	2	2	1
	Ahorro de energía por automatización	1	1	2
	Velocidad de ingreso y salida del aire	2	2	2
	Total	13	13	16

Fuente: Elaboración Propia

Criterios de evaluación de alternativas de solución:

3 Buena

2 Regular

1 Mala

Como se observa en la evaluación que se hizo para ayudar a analizar las alternativas de solución, se encuentra que el mejor sistema que se debe plantear es por el sistema de ventilación mixta ya que según la tabla 17 se ha obtenido un valor mayor de resultado a

diferencia de las otras alternativas, en los puntos que se colocan a continuación se tendrá el desarrollo de dicho tema.

El motivo por el cual se eligió la solución antes mencionada, es que de acuerdo las características físicas de los ambientes que son los estacionamientos, ya sean accesos, ubicación de las entradas y salidas del aire, disposición de la arquitectura.

Otra de las razones es que para el sistema de ventilación mixta, la inyección y la extracción para la ubicación de las rejillas, hacen un barrido del aire, llevándolo de un lugar a otro, de esta manera corroborando que cada rincón y cada ambiente por depresión limpiarán el ambiente de los restos de gas de monóxido de carbono

4.3. Solución del problema

Como primer paso según los establecidos en las tareas a realizar para determinar el diseño correspondiente para la determinación del caudal necesario a extraer, se realiza los siguientes cálculos:

4.3.1. Calculo de caudal de aire

La elaboración, calculo y resultado del caudal necesario para ventilar uno o más estacionamiento que no gozan de ventilación natural, se pueden lograr por medio de 3 métodos: Caudal de aire recomendando, renovaciones de aire, además del procedimiento recomendado por ASHRAE.

4.3.1.1. Caudal de aire sugerido

En cada país las regulaciones y otros organismos internacionales dedicados a estos temas recomiendan flujos de aire por cada unidad de área o por vehículo que pueda ingresar al estacionamiento. Estos caudales son solo resultados estadísticos de diversas pruebas en estacionamientos de diferentes características. El problema que tienen es que no suelen tomar en cuenta las características propias del estacionamiento en estudio, como por ejemplo el tipo de edificio ya sea comercial, educativo, residencial, industrial, etc. No se pide otro dato más que el área de piso de estacionamiento o la capacidad del mismo como

ya se dijo anteriormente. De acuerdo a esto, en muchos casos, los cálculos que arrojan este método están sobredimensionados, causando gastos excesivos en equipos que no requieren tener dicha capacidad.

En las tablas 18 y 19, se representan los flujos de aire proporcionados en países y por organizaciones especializadas en el tema.

Tabla 18. Requerimientos de ventilación por vehículo en un estacionamiento

Estándar	Caudal (l/s*estacionamiento)
Francia	165
UNE	210

Fuente: (Krarti 2001:53)

Tabla 19. Requerimientos de ventilación por unidad de área en un estacionamiento

Estándar	Caudal (l/s*estacionamiento)	Estándar	Caudal (l/s*estacionamiento)
Alemania	3.3	NFPA	5
ASHRAE	7.6	Perú	3,3
ICBO	7.6	Suecia	0,91
Japón/Corea del sur	6.35	UNE	5

Fuentes: (Krarti 2001:53), (Ministerio de Vivienda 2006:321175)

Entonces se analiza:

4.3.1.1.1. Recolección de datos:

Según el proyecto se tiene:

Tabla 20. Numero de estacionamientos

Ambiente	Numero de estacionamientos
Sótano 1	66
Sótano 2	66

Tabla 20. Continuación

Ambiente	Numero de estacionamientos
Sótano 3	66
Sótano 4	66

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la cantidad de los estacionamientos se procede a citar el anexo 1 al anexo 5 donde se encuentran los planos de dimensionamiento y se obtiene la capacidad de espacios de estacionamientos por el sotano1, que es la misma cantidad en cada uno de ellos.

Anexo 1. Plano de dimensión de cuarto de máquinas.

Anexo 2. Plano de dimensión de estacionamiento 4.

Anexo 3. Plano de dimensión de estacionamiento 3.

Anexo 4. Plano de dimensión de estacionamiento 2.

Anexo 5. Plano de dimensión de estacionamiento 1.

Según la tabla 5 del capítulo 2 para establecer el caudal de aire recomendado se tiene,

$$\text{Caudal de aire recomendado} = 66 \text{ estacionamientos} * 165 \frac{l}{s}$$

$$\text{Caudal de aire recomendado} = 10890 \frac{l}{s}$$

Se ha determinado el cálculo de caudal de aire recomendado para el sótano 1, puesto que los otros estacionamientos son de similares características físicas.

4.3.1.2. Renovaciones de aire

Como se menciona en el método anterior, las organizaciones internacionales, autores especialistas en la materia y regulaciones en algunos países argumentan y recomiendan

cambios totales de flujo de aire del recinto por hora. El dato requerido para tomar este criterio es el volumen de estacionamiento. Cabe mencionar, de la misma forma que el cálculo de los acaudales recomendados, lo contemplan los elementos que afectan la calidad del aire ni el tipo de edificio del estacionamiento.

Tabla 21. Renovaciones de aire por hora para estacionamientos sin ventilación natural

Estándar o autor	Renovaciones
BOCA	6
NFPA	6
Reino Unido	6-10
S. Escoda	6-8
SBCCI	6-7
Soler & Palau	6-8

Fuentes: (Krarti 2001:53), (S&P 1995:18),
(Salvador Escoda 1998:31)

En el Perú, las normas han determinado y recomiendan un cambio total del aire cada 12 minutos, es decir, 5 renovaciones por hora, Fuente (Ministerio de Vivienda 2006:321175).

Entonces se analiza:

4.3.1.2.1. Recolección de datos:

Según el proyecto se tiene:

Tabla 22. Área útil de cada estacionamiento

Ambiente	Área Útil (m ²)
Sótano 1	1864
Sótano 2	1864
Sótano 3	1864
Sótano 4	1864

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar las dimensiones generales de los estacionamientos se procede a citar el anexo 1 al anexo 5 donde se encuentra los planos de dimensionamiento y se obtiene las dimensiones generales de estacionamientos por el sótano1, que son la misma dimensión en cada uno de ellos.

Anexo 1. Plano de dimensión de cuarto de máquinas.

Anexo 2. Plano de dimensión de estacionamiento 4.

Anexo 3. Plano de dimensión de estacionamiento 3.

Anexo 4. Plano de dimensión de estacionamiento 2.

Anexo 5. Plano de dimensión de estacionamiento 1.

Según la tabla 20 para establecer el caudal de aire recomendado se tiene,

$$\text{Caudal por renovaciones de aire} = \text{Area} * \text{Altura} * 5 \text{ renv/h}$$

$$\text{Caudal por renovaciones de aire} = 1864 \text{ m}^2 * 3 \text{ m} * 5 \frac{\text{renv}}{\text{h}}$$

$$\text{Caudal por renovaciones de aire} = 27960 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 7766.66 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Se ha determinado el cálculo de caudal de aire recomendado para el sótano 1, puesto que los otros estacionamientos son de similares características.

4.3.1.3. Procedimiento según ASHRAE

Este método de cálculo es basado en resultados comprobados y científicos de análisis paramétricos, los analistas M. Krarti y A. Ayari muestran un método de diseño para obtener el flujo de aire de ventilación para mantener un nivel admisible de monóxido de carbono en el estacionamiento cerrado (Krarti 2001:54). Estos concentran sus diseños de los siguientes factores fundamentalmente:

- Concentración máxima permisible de monóxido de carbono

- Tiempo promedio de operación de los vehículos en el estacionamiento.
- Número de vehículos en operación de hora de máxima concurrencia.
- Tasa de transmisión de un vehículo en diversas condiciones.

4.3.1.3.1. Recolección de datos:

4.3.1.3.1.1. Número de vehículos en circulación en hora máxima de concurrencia

Para determinar el número de vehículos que circulan en un mismo lapso de tiempo, depende primordialmente de la actividad a la cual está dedicado el recinto al que pertenece el estacionamiento.

Tabla 23. Porcentaje de vehículos en circulación en un estacionamiento en hora con amplia concurrencia

Tipo de Uso	% de la capacidad del estacionamiento (%)
Continuo (Centros Comerciales, edificios departamentales	5-10
Otros (estadios deportivos, institucionales, aeropuertos, etc.)	15-20

Fuente: (ASHRAE 2011:15.20), (AENOR 1992:2)

En tal caso, el estacionamiento es para un recinto educativo, donde su uso no es continuo debido a que hay una mayor cantidad de vehículos al inicio y final de la del trabajo hecho, debido al ingreso y salida del personal usuarios y trabajadores, a todo esto se puede considerar un 20% de la capacidad total.

Para determinar la cantidad de los estacionamientos se procede a citar el anexo 1 al anexo 5 donde se encuentran los planos de dimensionamiento y se obtiene la capacidad de espacios de estacionamientos por el sotano1, que es la misma cantidad en cada uno de ellos.

4.3.1.3.1.2. Tasa de emisión promedio de monóxido de carbono en el ambiente

Conducir un vehículo en el recinto de un estacionamiento se diferencian notablemente de su uso cotidiano. Cuando un vehículo se está preparando para salir del recinto, habitualmente el motor se encuentra frío y circulando a baja velocidad, cuando se tiene una mezcla abundante en combustible. Se puede decir que los escapes de gases son más altos y graves. Se toma los valores de:

Tabla 24. Emisiones en estacionamientos

	Emisión en caliente		Emisión en frío	
	g/min		g/min	
Estación	1991	1996	1991	1996
Verano. 32°C	2,54	1,89	4,27	3,66
Invierno, 0°C	3,61	3,38	20,74	18,96

Fuente: (ASHRAE 2011:15.20)

Nota: Velocidad del vehículo = 8 km/h

Las emisiones de un vehículo están atados a diversos factores, como el año de fabricación del vehículo, el tipo de vehículo (gasolinera, petrolero o GLP), la presencia de catalizadores en el tubo de escape, la condición del motor (con o sin mantenimiento), y otros factores delimitadores. Debido a las posibilidades ya mencionadas a otras diversas que existen para el valor de E, se tomará como un promedio de todos los valores para un día de invierno de la tabla 24. La tasa de emisión será de 11,66 g/min, que es igual a 700 g/h.

Los límites aceptables de emisiones de monóxido de carbono para vehículos automotores que operen por la red vial, fijaban un límite de 3,40 g/km, esto daría una velocidad de 30 km/h, una tasa de emisión límite de 1,7 g/min. Pero, este valor solo toma en cuenta el auto en movimiento común y corriente. Como se estableció en la tabla 24, cuando el motor está frío, las emisiones pueden aumentar aproximadamente seis veces su valor que cuando está en caliente, por lo que el valor límite de los estándares sería insuficiente para asegurar la calidad del aire. Además, se puede decir que no todos los vehículos se encuentran en movimiento o arrancando al mismo lapso de tiempo.

4.3.1.3.1.3. Tiempo de operación promedio del vehículo

El movimiento que realiza en vehículo dentro del estacionamiento para ingresar o salir, está determinado primordialmente por el tamaño y forma de este, además del número de vehículos que intentan hacer la misma acción. Es por ello que el valor T que se toma puede variar entre los 60 a 600 segundos. Las ASHRAE en sus normas establece que los valores comunes casi siempre están entre los 60 y 180 segundos (ASHRAE 2011:15.19).

Según la disposición del área del estacionamiento, el tiempo que un vehículo podría tardar desde su ubicación más alejada hacia la rampa sería de 120 segundos (a una velocidad de 5 km/h). También se debe tomar en cuenta el tiempo que demoraría un vehículo en comenzar la operación o movimiento y realizar su circulación para poder abandonar del ambiente sería aproximadamente de 60 segundos. Por lo que el tiempo total promedio de operación de un vehículo sería t de 180 segundos.

Para determinar el recorrido que puede tomar un vehículo desde el punto de entrada hasta su última ubicación y viceversa se procede a citar el anexo 6 al anexo 10 donde se encuentran los planos de ruta del sistema y se obtiene las dimensiones del estacionamientos por el sótano1, que es la misma cantidad en cada uno de ellos.

4.3.1.3.1.4. Concentración máxima permisible de monóxido de carbono

Como se puede ver en la tabla 3 del capítulo 2, las recomendaciones que se dan diversas regulaciones internacionales para los límites de exposición de una persona dentro de un recinto con el monóxido de carbono. Por consiguiente, una concentración máxima de 25 ppm cumplirá con todos los requerimientos para un tiempo máximo de 1 hora de permanencia. Se puede decir que es muy poco probable que una persona se quede en el estacionamiento más de este lapso de tiempo.

Con la tabla 25, se tiene los datos y los cálculos establecidos con las recomendaciones de cada tema del capítulo 2.

Tabla 25. Recolección de datos

	Símbolo	Unid.	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Capacidad total de vehículos	Nº	-	66	66	66	66
% de vehículos circulando al mismo lapso de tiempo	α	%	20	20	20	20
Número de vehículos circulando la mismo lapso de tiempo	N	-	14	14	14	14
Tasa de emisión promedio de monóxido de carbono en el ambiente	E	g/h	700	700	700	700
Tiempo de operación promedio del vehículo	t	s	180	180	180	180
Concentración máxima permisible de monóxido de carbono	CO _{max}	ppm	25	25	25	25
Área de piso útil	A _p	m ²	1864	1864	1864	1864

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.3.2. Tasa de generación de monóxido de carbono

4.3.1.3.2.1. Tasa de generación máxima

Para calcular la tasa máxima de generación de monóxido se usa la ecuación 1 del capítulo 2, comenzando con tener el número de vehículos en circulación y operación, el área del estacionamiento y la tasa de generación por vehículo, que ya se han obtenidos en pasos anteriores.

Entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$G = \frac{N * E}{A_P}$$

Remplazando los valores se tiene:

$$G = \frac{14 * 700}{1864} = 5,3 \text{ g}/(h * m^2)$$

Anteriormente se dijo que los 4 sótanos tienen características físicas similares por lo que se opta en estos cálculos por hacerlo solamente de sótano 1 y posteriormente se representaran los resultados en una tabla.

4.3.1.3.2.2. Tasa de generación normalizada

Para calcular la tasa de generación normalizada se usa la ecuación 2 del capítulo 2 y se da con un valor referencial que se ha obtenido de un estacionamiento real en las peores condiciones de emisiones (emisiones en frío en invierno) con el resultado del valor de tasa de generación máxima calculada según la ecuación 1 del capítulo 2.

Entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$\varphi = 100 \frac{G}{G_o}$$

Remplazando los valores se tiene:

$$\varphi = 100 * \frac{5,3}{28,6} = 18,53$$

Por lo tanto se obtiene los siguientes valores:

Tabla 26. Valores calculados según ecuación 1 y 2

	Símbolo	Unid.	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Tasa máxima de generación de CO	G	g/(h*m²)	5,3	5,3	5,3	5,3
Tasa de generación de CO referencial	G _o	g/(h*m²)	28,6	28,6	28,6	28,6
Tasa normalizada	φ	-	18,6	18,6	18,6	18,6

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.3.3. Caudal mínimo de aire

Como último paso utilizando la ecuación 3 del capítulo 2, el cual es necesario tener el valor de un coeficiente de correlación C que se ha brindado en el capítulo 2, con el mismo nombre, el valor de concentración máxima permisible se debe determinar el caudal de aire.

Para el valor de concentración máxima permisible de 25 ppm, el valor de C sería de $0,692 \times 10^{-3} \text{ (l/s)/(m}^2\text{/s)}$.

Entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$q' = C * \varphi * t$$

Dónde:

$$C = 0,692 * 10^{-3} \text{ (l/s)/(m}^2\text{/s)} \text{ para } C_{\text{Omax}} = 25 \text{ ppm}$$

Remplazando los valores se tiene:

$$q' = 0,000692 * 18,6 * 180 = 2,32 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \text{m}^2$$

A continuación se muestra los valores de caudal mínimo determinado.

Se muestran los resultados de los cálculos establecidos por los parámetros y características del recinto que se está estudiando.

Tabla 27. Valores calculados según ecuación 2 y 3

	Símbolo	Unid.	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Tasa normalizada		-	18,6	18,6	18,6	18,6
Coeficiente de correlación	C	$\text{l/s}^2\text{m}^2$	0,000692	0,000692	0,000692	0,000692
Tiempo de operación promedio	t	s	180	180	180	180
Caudal mínimo por unidad de área	q'	$\text{l/s}^2\text{m}^2$	2,32	2,32	2,32	2,32
Caudal mínimo	Q'	l/s	4324,5	4324,5	4324,5	4324,5

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.3.4. Caudal mínimo de real

Para calcular el caudal de aire necesario para ventilar cada estacionamiento que es el propósito del proyecto es importante introducir en el cálculo un factor de seguridad para poder tener en cuenta las mezclas incompletas en la dilución del monóxido de carbono en el aire dentro del ambiente.

Por lo que el valor del factor de seguridad K varía entre 1 y 10 según con las siguientes aportaciones:

- La eficacia de la mezcla y la disposición del aire en espacio establecido que se ventila.
- La peligrosidad del contaminante.
- La reducción en la eficacia funcional del sistema de acuerdo a los equipos disponibles.
- La posición y número de focos de contaminación del ambiente.

En la figura 29, se muestra un esquema del valor que se determina para K en diferentes ocasiones de distribución de aire.

Para tomar el valor del factor de seguridad se debe asumir un posible diseño de ductos de tal manera que la según el grafico que se tiene a continuación se puede asumir u valor de factor de seguridad optima, de tal forman que este número debe asegurar que la extracción del caudal de aire contaminado y la entrada de aire limpio sea el mejor para tener un buen trabajo.

Según el proyecto el rango del valor de factor de seguridad es de 2 a 5 ya que es el más eficiente por la distribución de ductos dentro del recinto.

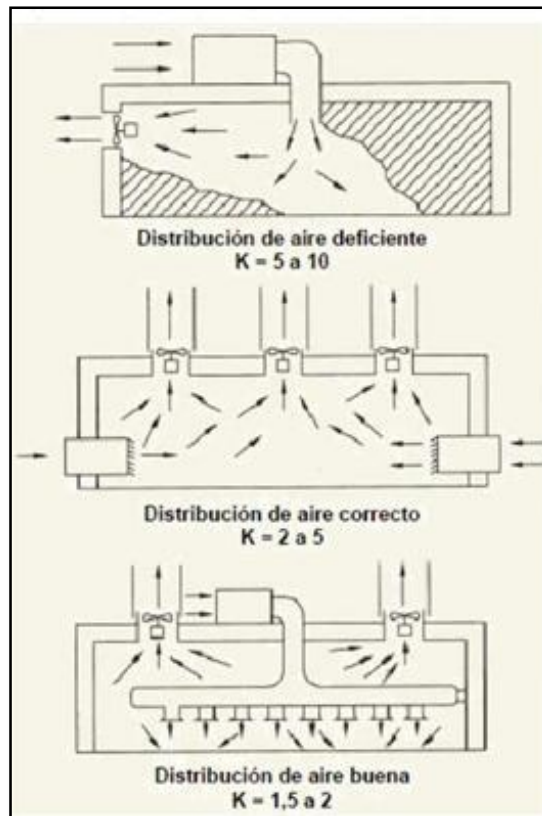


Figura 30. Factores de dilución en locales con diferentes tipos de distribución

Fuente: (INSHT 2006:7)

El sistema de ventilación que se está diseñando tendrá muchos puntos de extracción cubriendo por completo el área de cada estacionamiento del 1 al 4 según los planos como se muestra en los anexo del 5 al 10 y por consiguiente el ingreso natural de aire mediante ingresos guiados. Por lo tanto si se ve en la figura 30 se elegirá un factor de seguridad de 2.

Entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$Q_v = K * Q'$$

Remplazando los valores se tiene:

$$Q_v = 2 * 4324,5 = 8649 \text{ l/s}$$

Anteriormente se dijo que los 4 sótanos tienen características físicas similares por lo que se opta en estos cálculos por hacerlo solamente de sótano 1 y posteriormente se representara los resultados en la tabla 28.

Tabla 28. Caudal real por estacionamiento

	Símbolo	Unid.	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Caudal mínimo		l/s	4324,5	4324,5	4324,5	4324,5
Factor de seguridad para mezcla incompleta	K	-	2	2	2	2
Caudal real por estacionamiento	Q _v	l/s	8649	8649	8649	8649

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Sistema de ductos

Para lograr la ventilación del ambiente del cual se quiere trabajar, es prioritario conectar el ventilador o extractor a un sistema de ductos, son estos quienes guiaran el aire desde un punto común hacia los puntos específicos de tal que aseguren una distribución eficiente del aire. El ventilador da energía al aire y recibe el flujo de aire desde un punto específico, para inyectarlo o extraerlo a donde sea necesario, y deberá vencer la fricción generado por los cambios de dirección u obstáculos asociados al mismo diseño en mención. Estas guías o conductos deben ser considerados los siguientes aspectos:

- Disponibilidad en el ambiente
- Distribución del aire
- Niveles óptimos de ruido
- Equipamiento adecuado
- Control de incendios
- Costo de inversión inicial
- Costo de operación del sistema.

Si el diseño que se está ejecutando no se realiza en óptimas condiciones, con una ingeniera especializada, pueden ser que operen de manera inadecuada o sean muy costosos en su implementación.

4.3.2.1. Metodología de diseño de ductos

ASHRAE propone un método habitual de diseño de sistema de ductos para todo tipo de sistemas de HVAC (ventilación, calefacción, aire acondicionado) (ASHRAE 2009:21.18).

Se propone que se siga con los siguientes pasos, en los sistemas de ventilación:

1. Manejar los planos de arquitectura y proponer la ubicación de los puntos de extracción de aire para contener la contaminación del monóxido de carbono en cada lugar del estacionamiento.
2. Elegir las rejillas de extracción de aire con la información del fabricante de estas.
3. Realizar un trazo del sistema de ductos, desde las salidas de aire con los respectivos ventiladores.
4. Diferenciar el sistema en secciones y enumerar cada una de ellas.
5. Dimensionar los ductos.
6. Calcular la caída de presión total
7. Elegir el ventilador que concuerde con las características brindadas.
8. Dibujar todo el sistema con los resultados obtenidos al detalle.

4.3.2.2. Ruta del sistema

En la tabla 29, se tiene el número de rejillas de extracción de aire.

Para determinar las dimensiones generales de los estacionamientos se procede a citar el anexo 1 al anexo 5 donde se encuentra los planos de dimensionamiento y se obtiene las dimensiones generales de estacionamientos por el sotano1, que son la misma dimensión en cada uno de ellos.

Tabla 29. Numero de rejillas

	Símbolo	Unid.	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Área de piso a ventilar	A_p	m ²	1864	1864	1864	1864
Área de piso por rejilla	A_{pr}	m ²	100	100	100	100
Numero de Rejillas calculado	$N_{r_{calc}}$	-	17.6	17.6	17.6	17.6
Numero de Rejillas Real	N_r	-	18	18	18	18

Fuente: Elaboración Propia

El número de rejillas según los cálculos de la tabla 29 sería de 18 unidades por cada sótano, a iguales caudales de extracción en cada sótano. De aquí se dispone la distribución que mantendrán las rejillas de extracción dentro del sistema de ventilación.

4.3.2.3. Velocidad del aire

Se toman los datos y recomendaciones de la tabla 10 y 11 del capítulo 2 del informe, en la tabla 30 se muestran los valores máximos que la velocidad del aire tomara no debe superar en el sistema de ductos.

Tabla 30. Selección de velocidad del aire

Conducto	Velocidad del aire (m/s)
Extracción	3
Ducto principal	12
Ducto secundario	7,5

Fuente: (Salvador Escoda 1998:68)

Debido a que el sistema a diseñar es un sistema por depresión, no se puede establecer la velocidad de entrada del aire, así que se necesitara ajustar esta velocidad.

4.3.2.4. Rejillas de extracción

Una vez que se tiene el área efectiva de flujo calculada, también ya habiendo establecido la marca de rejillas que se usaran en el proyecto, se busca el valor en el catálogo del anexo 11 que sea lo más próximo a lo requerido. Si es que no se tiene el valor exacto con respecto al cálculo realizado es aproxima al inmediato superior y se recalcula la velocidad con la ecuación 14 de capítulo 2. Es recomendable elegir rejillas con una mayor dimensión para extraer mejor el aire. Se usa una velocidad de extracción de 3 m/s, se tienen los resultados que se establecen en la tabla 31 que son los siguientes:

Tabla 31. Velocidad de extracción real

	Símbolo	Unid.	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Caudal de extracción total	Q_{ex}	l/s	8649	8649	8649	8649
Caudal de extracción por rejilla	Q_r	l/s	480	480	480	480
Velocidad de extracción	V_{ex}	m/s	3	3	3	3
Factor de corrección	γ	-	1,9	1,9	1,9	1,9
Área efectiva calculada	$A_{ef.calc}$	m ²	0,084	0,084	0,084	0,084
Área efectiva real	$A_{ef.real}$	m ²	0,090	0,090	0,090	0,090
Velocidad de extracción real	$V_{ex.real}$	m/s	2,807	2,807	2,807	2,807

Fuente: Elaboración Propia

La ruta por donde se dispondrá la ubicación de cada uno de las rejillas de extracción se dispone y se muestra en los anexos siguientes:

Anexo 6. Plano de ruta del sistema del cuarto de máquinas.

Anexo 7. Plano de ruta del sistema del estacionamiento 4.

Anexo 8. Plano de ruta del sistema del estacionamiento 3.

Anexo 9. Plano de ruta del sistema del estacionamiento 2.

Anexo 10. Plano de ruta del sistema del cuarto de estacionamiento 1.

4.3.2.5. Dimensionamiento de ductos metálicos por el método de igual fricción

Para dimensionar los ductos de inyección y extracción es necesario conocer la velocidad con la que viajarán los fluidos contenidos en los ductos, desde un punto del recinto hasta el exterior o viceversa.

Se debe seguir los siguientes pasos para llegar a determinar la sección del ducto y el factor de fricción de ducto:

- Elegir una velocidad inicial, en función de la restricción por nivel de ruido, de acuerdo a la Tabla, en el conducto principal que sigue a la impulsión desde el ventilador.
- Una vez elegida esta velocidad, y partiendo del caudal de aire total a suministrar, se determina la pérdida de carga unitaria que debe mantenerse constante en todos los conductos.
- Una vez dimensionados los tramos principales, se determinarán los conductos secundarios, los que conducen el aire hasta las bocas de impulsión.

En la tabla 32, se tiene las velocidades con la que se deben de calcular los ductos en determinadas situaciones.

Tabla 32. Velocidad máxima recomendada para conductos de aire

Tipo de Instalación	Caudal máximo m ³ /h	Conducto principal (m/s)	Ramal secundario (m/s)
Instalaciones individualizadas	500 a 1000	1 a 3	1
	1000 a 5000	3 a 5	1 a 3
	5000 a 10000	5 a 7	2 a 4

Tabla 32. Continuación

Tipo de Instalación	Caudal máximo m3/h	Conducto principal (m/s)	Ramal secundario (m/s)
Instalaciones Centralizadas:			
Residencias, salones, hoteles		3 a 5	1 a 3
Locales públicos, oficinas		5 a 7	2 a 3
Espacios industriales		5 a 10	2 a 5
Instalaciones semi centralizadas:			
Locales residenciales:			
Conductos baja velocidad (cerca personas)		2 a 7	3 a 4
Conductos velocidad media		5 a 10	3 a 5
Conductos alta velocidad (alejados)		10 a 20	5 a 10
Locales públicos:			
Conductos velocidad media		5 a 10	3 a 5
Conductos alta velocidad (alejados)		12 a 25	5 a 10
Espacios industriales			

Fuente: (Manual práctico de ventilación 2da edición-Salvador Escoda)

Para la selección de ductos se determina desde la última rejilla de extracción o inyección para ir llegando hasta la selección de ducto que general, que es el que se conectará al equipo que hará el trabajo de extraer o inyectar el flujo de aire que será materia de estudio.

Entonces:

Según la tabla 17 del capítulo 2, se selecciona una velocidad en ductos principales y este será:

$$V = 12 \frac{m}{s} = 2362,2 \frac{pie^3}{min}$$

Una vez seleccionada la velocidad, también con el caudal ya calculado en cada una de las rejillas de extracción que es de Q= 480 l/s= 1017 CFM, se ingresa y se busca el anexo 12

que es la carta de fricción de aire de conductos que determina la selección del factor de fricción.

Por lo tanto para la intersección de rectas se obtiene:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

Con el valor obtenido según los datos anteriores de f , y el flujo de aire en cada longitud de sección de ducto, en la misma grafica del anexo 12, se puede obtener el diámetro del ducto en circunferencia y para luego obtener su conversión en una gráfica posterior del anexo 13 que sería en ducto de sección rectangular. Por consiguiente en cada uno de los tramos se calculara la caída de presión correspondiente.

1. Para el estacionamiento 1:

Se debe tomar en cuenta que en los anexos se puede encontrar la ruta del sistema y los tramos de ductos de los que se harán los cálculos de ductos siguientes para la inyección y extracción, a continuación se detallan los anexos de los planos donde se ubican los tramos dispuestos:

Anexo 6. Plano de ruta del sistema cuarto de máquinas.

Anexo 7. Plano de ruta del sistema estacionamiento 4.

Anexo 8. Plano de ruta del sistema estacionamiento 3.

Anexo 9. Plano de ruta del sistema estacionamiento 2.

Anexo 10. Plano de ruta del sistema estacionamiento 1.

En el tramo AB - HI:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 1017 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 10 pulg = 254 mm

Dimensión de ducto rectangular = 273 mm x 250 mm = 11 pulg x 10 pulg hallado de la gráfica del anexo 13.

Pérdida de presión AB

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 4,56 \text{ m} = 0,00718 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo BC - IJ:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 2034 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 14 pulg = 356 mm

Dimensión de ducto rectangular = 383 mm x 350 mm = 16 pulg x 14 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 5 \text{ m} = 0,00787 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo CD - JK:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 3051 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 20 pulg = 508 mm

Dimensión de ducto rectangular = 547 mm x 500 mm = 22 pulg x 20 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 5,23 \text{ m} = 0,00823 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo DE - KL:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 4068 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 22 pulg = 560 mm

Dimensión de ducto rectangular = 600 mm x 550 mm = 24 pulg x 22 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 5,56 \text{ m} = 0,00875 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo EF - LM:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 5085 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 24 pulg = 610 mm

Dimensión de ducto rectangular = 711 mm x 650 mm = 28 pulg x 26 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 4,96 \text{ m} = 0,00781 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo FG - MN:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 6102 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{m}{s} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 26 pulg = 660 mm

Dimensión de ducto rectangular = 750 mm x 711 mm = 30 pulg x 28 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 5,75 = 0,00905 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo PQ:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 1017 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{m}{s} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 10 pulg = 254 mm

Dimensión de ducto rectangular = 273 mm x 250 mm = 11 pulg x 10 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión AB

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 4,56 \text{ m} = 0,00718 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo QR:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 2034 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{m}{s} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 14 pulg = 356 mm

Dimensión de ducto rectangular = 383 mm x 350 mm = 16 pulg x 14 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 5 \text{ m} = 0,00787 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo RS:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 3051 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{m}{s} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 20 pulg = 508 mm

Dimensión de ducto rectangular = 547 mm x 500 mm = 22 pulg x 20 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 5,23 \text{ m} = 0,00823 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

En el tramo UT:

Factor de fricción

$$f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}}$$

$$\text{Flujo de aire} = Q = 18306 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Velocidad del fluido tomando en cuenta de que es ducto ramal secundario, se tiene:

$$V = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1968,50 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Diámetro equivalente según gráfico del anexo 13 = 43 pulg = 1902 mm

Dimensión de ducto rectangular = 1202 mm x 1100 mm = 48 pulg x 44 pulg hallado de la gráfica del anexo 13

Pérdida de presión BC

$$\Delta p_f = 0,048 \frac{\text{pulgH}_2\text{O}}{100 \text{ pie}} * \frac{1 \text{ pie}}{0,3048 \text{ m}} * 7 \text{ m} = 0,0110 \text{ pulgH}_2\text{O}$$

Ahora se presenta la tabla 33, donde se concretará los resultados de las secciones según las demostraciones anteriores para el estacionamiento 1:

Tabla 33. Dimensiones de ductos en tramos del estacionamiento 1

Tramo	Flujo de aire (pie ³ /min)	Longitud del conducto (m)	Diámetro equivalente (pulg)	Sección del conducto (pulg x pulg)	Pérdida de presión (pulg. H ₂ O)
AB-HI	1017	4,56	10	11" x 10"	0,00718
BC-IJ	2034	5	14	16" x 14"	0,00787
CD-JK	3051	5,23	20	22" x 20"	0,00823
DE-KL	4068	5,56	22	24" x 22"	0,00875
EF-LM	5085	4,96	24	28" x 26"	0,00781
FG-MN	6102	5,75	26	30" x 28"	0,00905
PQ	1017	4,56	10	11" x 10"	0,00718
QR	2034	5	14	16" x 14"	0,00787
RS	3051	5,23	20	22" x 20"	0,00823
UT	18306	7	43	48" x 44"	0,0110

Fuente: Elaboración Propia

De manera que los 3 estacionamientos que se están considerando en el edificio son de igual dimensión y características, se tiene el mismo resultado, es por ello que no se accederá a mostrar los cálculos de estos, solo se tendrá en cuenta en la selección del ducto general y la selección del equipo.

El detalle de los planos de instalación donde se encuentra las dimensiones que se han señalado antes, también su desarrollo dentro del ambiente se puede encontrar en los anexos siguientes:

- Anexo 15. Plano de desarrollo del sistema cuarto de monóxido.
- Anexo 16. Plano de desarrollo del sistema estacionamiento 1.
- Anexo 17. Plano de desarrollo del sistema estacionamiento 2.
- Anexo 18. Plano de desarrollo del sistema estacionamiento 3.

- Anexo 19. Plano de desarrollo del sistema estacionamiento 4.
- Anexo 20. Plano de desarrollo del sistema azotea.
- Anexo 21. Plano de desarrollo detalles de instalación del sistema.
- Anexo 22. Plano de corte del edificio.

4.3.2.6. Calculo de caída de presión de accesorios

En los diferentes niveles de estacionamiento del nivel 1, 2, 3 y 4 se tienen algunos accesorios de conexión que se consideran para unir los ductos metálicos uno con otro debido a la disposición del ambiente de acuerdo a su ubicación y a sus difíciles accesos.

A continuación se tiene las pérdidas de presión por accesorios, se tendrán las caídas de presiones general, puesto que, para los accesorios estas pérdidas de presión son casi despreciables, sin embargo se pasa a detallar: Los accesorios se encuentran detallados en los anexos 15 al 22 del presente proyecto, como disposición general.

- Transición:

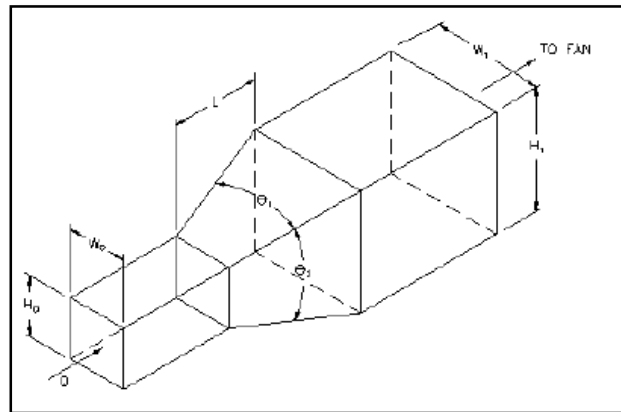


Figura 31. Detalle de un ducto de transición de sección

$$\text{De un } \alpha = 18^\circ - \frac{D}{D_1} = \frac{50}{65} = 0,75 - Co = 0.42$$

$$\text{Entonces } pv = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 = \left(\frac{2189}{4005} \right)^2 = 0.003 \text{ pulg C.A.}$$

$$dp = Co \times pv = 0.42 \times 0.3 = 0.13 \text{ pulg C.A.}$$

- Codo

Para $un \frac{R}{D} = 0,75$ y $un \frac{A}{B} = 1 - Co = 0.2$

Entonces $pv = \left(V/4005\right)^2 = \left(2189/4005\right)^2 = 0,3 \text{ pulg C.A.}$

$$dp = Co \times pv = 0,2 \times 0,3 = 0,006 \text{ pulg C.A.}$$

- Codo

Para $un \frac{R}{D} = 0,75$ y $un \frac{A}{B} = 1 - Co = 0,2$

Entonces $pv = \left(V/4005\right)^2 = \left(2189/4005\right)^2 = 0,3 \text{ pulg C.A.}$

$$dp = Co \times pv = 0,2 \times 0,3 = 0,006 \text{ pulg C.A.}$$

- Codo

Para $un \frac{R}{D} = 0,5$ y $un \frac{A}{B} = 1 - Co = 0,35$

Entonces $pv = \left(V/4005\right)^2 = \left(1920/4005\right)^2 = 0,23 \text{ pulg C.A.}$

$$dp = Co \times pv = 0,35 \times 0,23 = 0,006 \text{ pulg C.A.}$$

✓ Para el estacionamiento 1 se tiene lo siguiente:

- Transiciones:
 - 18 unidades
- Codos:
 - 2 unidades

Entonces como se ha determinado en los valores anteriores:

Transiciones:

$$P_t = 18 \times 0,003 = 0,054 \text{ pulg C.A.}$$

Codos:

$$P_c = 2 \times 0,006 = 0,012 \text{ pulg C.A.}$$

Por lo tanto se obtiene suma de las dos caídas de presión:

$$P_t + P_c = 0,054 + 0,012 = 0,066 \text{ pulg C.A.}$$

De manera que los 3 estacionamientos que se están considerando en el edificio son de igual dimensión y características, se tiene el mismo resultado, es por ello que no se accederá a mostrar los cálculos de estos, solo se tendrá en cuenta en la selección del ducto general y la selección del equipo.

El desarrollo de los accesorios se encuentra en los planos de desarrollo del anexo 15 al 20, también en el anexo 21 para su instalación.

Ductos

Como se explicó en el capítulo 2 en las bases teóricas, se describieron los espesores de las planchas de acero galvanizado con las que irán fabricadas los ductos que se dispondrán en el sistema, estos se implementaran con los calibres de ductos establecidos en orden a sus parámetro de velocidad y sección con la contara el ducto.

En el anexo 21 del plano de detalles del sistema se puede ver como se instalaran los ductos dentro del establecimiento, para tener un conocimiento claro al momento de implementar el sistema.

Estos ductos deben ir soportados y colocados en el la estructura del techo cumpliendo con los estándares de instalación, asegurando su estabilidad y su firmeza dentro de cada uno de sus soportes y los tramos de los ductos colgados establecidos para la inyección y extracción.

Según lo establecido anteriormente, se tiene los datos y valores de cálculos hallados anteriormente.

En la figura 30, se ve que los ductos llegan al cuarto de extracción de monóxido debajo del estacionamiento 4 con ductos subterráneos, para luego sacar el aire contaminado hacia el exterior con ductos de mampostería.

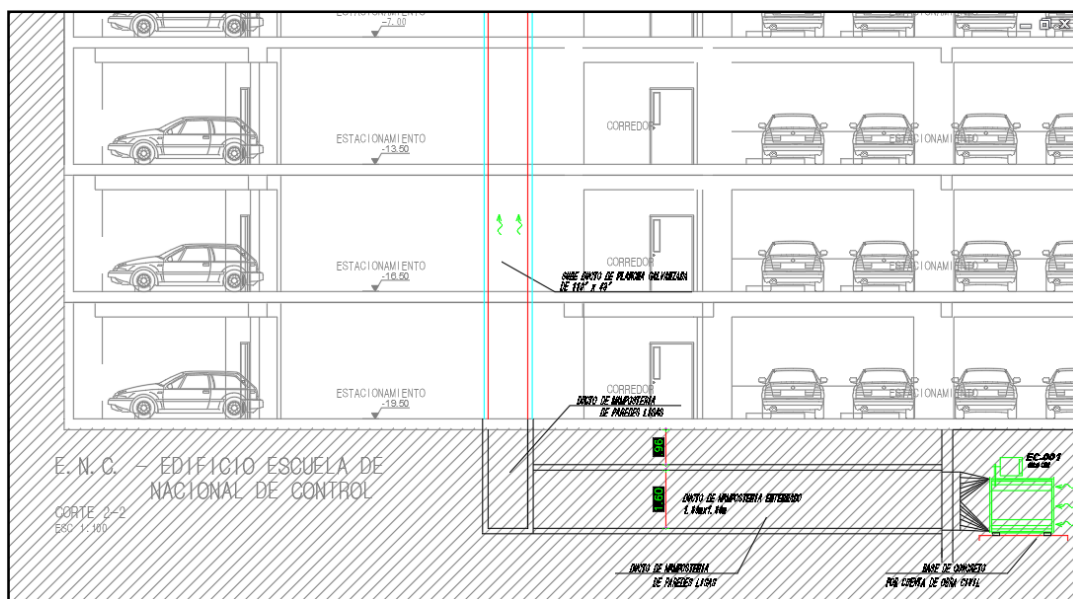


Figura 32. Corte de instalación de equipo de extracción de monóxido de carbono

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 30, se tiene los equipos de extracción en cuarto de extracción ubicado en el nivel -19,5 donde todo el monóxido llegara procedente de los ductos que se encuentran en cada estacionamiento, y lo descargará en la azotea como lo indica el Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se dice que se debe descargar el contaminante en el lugar más alejado y a 3 metros del piso.

En el anexo 22 del plano de corte del edificio se puede apreciar mejor el detalle de descarga e inyección de aire fresco.

Recolección de datos:

Tabla 34. Valores de caudal de inyección y extracción para cada sótano

	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Caudal de extracción (pie3/min)	18324	18324	18324	18324
Caudal de inyección (pie3/min)	18324	18324	18324	0
Perdida de presión total para extracción (pulg C.A.)	2	2	2	2

Tabla 34. Continuación

	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Perdida de presión total para inyección (pulg C.A.)	1,2	1,2	1,2	0
Características Eléctricas del proyecto	380v/3f/60hz	380v/3f/60hz	380v/3f/60hz	-

Fuente: Elaboración propia

Según la ASHRAE recomienda que para ventilar adecuadamente un ambiente que tiene un tipo de ventilación mixta, es decir, que la extracción sea igual a la inyección, esto se da para que los gases o contaminantes que se deba hacer un buen trabajo de ingresar aire limpio no salgan del ambiente hacia otro contiguos o al exterior, de tal forma que, estas normas dicen que se debe inyectar un 100% de lo que se está extrayendo. Entonces se obtiene los valores de inyección que se tiene en el cuadro anterior, se usará para también calcular y selección del equipo de inyección de aire fresco en cada estacionamiento de sótano.

Ahora se tendrá la tabla 35 con la selección de los 2 extractores:

Tabla 35. Características de los ventiladores de extracción seleccionados

Parámetro	Unidad	Sótanos 1,2,3,4	
		Extractor 1	Extractor 2
Marca	-	LOREN COOK	LOREN COOK
Modelo	-	402QMX	402QMX
Potencia del motor	HP	30	30
Velocidad de giro	rpm	1725	1725
Ruido	dBA	91	91
Transmisión	-	Faja y polea	Faja y polea

Fuente: Elaboración propia

Ahora se tendrá la tabla 36 con la selección de los 2 inyectores:

Tabla 36. Características de los ventiladores de extracción seleccionados

Parámetro	Unidad	Sótanos 1,2,3,4	
		Inyector 1	Inyector 2
Marca	-	LOREN COOK	LOREN COOK
Modelo	-	402 CPS	402 CPS
Potencia del motor	HP	15	15
Velocidad de giro	rpm	1725	1725
Ruido	dBA	91	91
Transmisión	-	Faja y polea	Faja y polea

Fuente: Elaboración propia

Ahora se hace la selección de los sensores de monóxido con las características establecidas en el capítulo 2:

Tabla 37. Características del sensor de monóxido de carbono

Parámetros	Valor
Concentración de CO	25 ppm
Frecuencia de muestreo máxima	10 minutos
Cobertura mínima	100 m ²
Área de estacionamiento	1800 m ²
Numero de sensores	18 unid

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la tabla 37 según el área establecida por el estacionamiento que es de 1800 m², se tienen 18 unidades de sensores de monóxido de carbono, el cual funcionara según sea el parámetro establecido que es de 25 ppm se accionarán los ventiladores ya antes seleccionados.

Protocolo de Prueba y funcionamiento

El protocolo de prueba se ha establecido para tener obtener y certificar que los equipos entregados que están en funcionamiento cumplan con lo requerido según lo establecido en el proyecto, y estos protocolos de pruebas y funcionamiento se muestran en el anexo 25 y 26 de presente informe.

Especificaciones técnicas de equipamiento y accesorios

1. Extractor centrífugo de flujo mixto para evacuar monóxido de carbono

Los extractores de aire deben satisfacer los requerimientos de IRI, para operar a 500 °F por un mínimo de 4 horas.

- **Voluta**

El gabinete metálico tubular será construido de plancha galvanizada de un espesor mínimo de gauge 14.

Llevará base para el motor, mecanismo para ajustar la faja y guarda faja fabricada de plancha galvanizada.

- **Rodete**

El rodete será del tipo flujo mixto de alta eficiencia, construido de plancha galvanizada.

El rodete será balanceado de acuerdo con AMCA estándar 204.96. Debidamente con parámetros según las condiciones del proyecto.

- **Motor**

Los motores serán para trabajo pesado, del tipo TEFC, con rodamientos de lubricación permanente. El motor llevara protección térmica entre las bobinas, el aislamiento de las bobinas será de clase “B” factor de servicio = 1.15

- **Rodamientos**

Los rodamientos serán para trabajo pesado de lubricación permanente y seleccionada para una duración mínima de 200,000 horas.

- **Fajas y Poleas**

El accionamiento del rodete es por medio de fajas y poleas, siendo la polea motriz de paso variable,

Las fajas serán fabricadas resistentes al calor y la grasa. Deberán de ser del tipo no estáticas.

- **Amortiguadores de vibración**

Los equipos se suministraran e se instalaran con los respectivos amortiguadores de vibración recomendado por el fabricante.

- **Certificaciones:**

AMCA (Sound and air performance)

UL 705

2. Ventilador centrífugo simple entrada (t/f)

No es necesario que tengan certificación para resistir al fuego, puesto que, solo es para la inyección del aire y será colocado en la azotea del edificio. Y si es que sucede un siniestro no estará en contacto directo con el producto.

- **Voluta**

La voluta y envoltorio será construido de plancha de acero de un calibre mínimo de 14 gage, (2.0 mm) unidos con soldadura continua. Será del tipo centrífugo de simple entrada.

- **Rodete**

El rodete será del tipo non – overloading, con paletas inclinadas hacia atrás (backwardinclinedtype), el cual será balanceado estática y dinámicamente como un solo conjunto con su eje. El rodete será construido de acero de un calibre mínimo de 14 gage.

El rodete será balanceado de acuerdo con AMCA estándar 204-96(balance quality and vibrationlevels fans)

El rodete estará unido mecánicamente a su eje por medio de chaveta.

- **Eje y apoyos**

El eje será de acero e irá apoyado en chumaceras con rodamientos de lubricación permanente que estará montado rígidamente a la estructura metálica.

- **Motor**

Los motores serán para trabajo pesado, con rodamientos de lubricación permanente.

El motor llevará protección térmica entre las bobinas, el aislamiento de las bobinas será de clase “B” factor de servicio = 1.15. El motor estará montado sobre una base metálica con un mecanismo para tensar las fajas.

El eje exterior, chumaceras y motor eléctrico estarán cubiertos por una tapa de plancha galvanizada de mínimo 1.0 mm.

El motor puede ser de la marca Weg o similar.

- **Estructura**

La estructura donde se montara el eje y el motor será de acero de un calibre mínimo de 12 gage (2.7mm).

- **Rodamientos**

Los rodamientos serán para trabajo pesado de lubricación permanente y seleccionada para una duración mínima de 20,000 horas.

- **Fajas y Poleas**

El accionamiento del rodete es por medio de fajas y poleas, siendo la polea motriz de paso variable.

Las fajas serán fabricadas resistentes al calor y la grasa. Deberán de ser del tipo no estáticas.

- **Pintura**

Todo el conjunto se somete a un proceso de pre pintado, donde el acero es tratado químicamente, para garantizar la adherencia de la pintura. Posteriormente se aplica la pintura en polvo, adherida a través de un proceso electrostático, en donde después del horneado las piezas adquieren sus más altas características de resistencia a la corrosión

- **Incluirá:**

Guarda faja de plancha galvanizada de mínimo 1.0 mm

- **Amortiguadores de vibración**

Los equipos se suministraran e se instalaran con los respectivos amortiguadores de vibración recomendado por el fabricante.

- **Certificaciones:**

AMCA (Air and Sound performance), UL 705.

3. Detectores de monóxido de carbono

Será del tipo para instalarse en gabinete, con un rango de 0-100 ppm, tendrá una caja protectora de acuerdo a la norma NEMA 4, rango de temperatura en el cual trabaja – 10

°C a 45 °C, rango de humedad en el cual trabaja 10 a 95% sin condensación, tensión de trabajo 24 voltios AC o 110 voltios AC, tendrá una exactitud de ± 5 ppm deberá cumplir con la certificación UL Standard 2034.

Será de 2 etapas para poder variar la velocidad del extractor.

Deberá tener un relé para el mando remoto del extractor.

4. Ductos de plancha galvanizada

Se fabricarán e instalarán de conformidad con los tamaños y recorridos mostrados en planos, la totalidad de los ductos metálicos para aire acondicionado y ventilación.

El Contratista deberá verificar las dimensiones y comprobar que no existirán obstrucciones, proponiendo alteraciones en los casos necesarios y sin costo adicional, los que estarán sujetos a la aprobación del Ingeniero Supervisor.

Para la construcción de los ductos se emplearán planchas de fierro galvanizado de la mejor calidad, ARMCO tipo zinc - grito similar.

En general, se seguirán las normas recomendadas por SMACNA (sheet metal and air conditioning contractors national association, inc)

Para la ejecución de los ductos se seguirán las siguientes instrucciones:

Ancho del ducto	Calibre	Empalmes y Refuerzos

Hasta 12"	N° 26	Correderas 1" a máx.-2.38 m. entre centros.
13" hasta 30"	N° 24	Correderas 1" a máx.-2.38 m. entre centros.
31" hasta 45"	N° 22	Correderas 1" a máx.-2.38 m. entre centros.
46" hasta 60"	N° 20	Correderas 1.1/2" a máx.-2.38 m. entre centros.

N° 20 Correderas 1.1/2" a máx.-2.38 m. entre centros con refuerzo ángulo 1" x 1" x 1/8" entre empalmes.

Todos los ductos se asegurarán firmemente a techos de la siguiente manera:

- Para ductos hasta 20 pulgadas platinas de plancha galvanizada de 0.8 mm x 1 pulgadas y tacos de expansión de 1/4" de diámetro, cada 2.50 metros.
- Para ductos mayores a 20 pulgadas con colgadores de varilla galvanizada roscada de 3/8" de diámetro y la base del soporte de canal tipo Strut de 1.5/8" x 13/16"x 2.00 mm , cada 2.00 metros

La unión entre los ductos y los equipos se efectuarán por medio de juntas flexibles de lona de vinyl pesado y neoprene de 10" de ancho, similar o igual al tipo DFN-10 neopreno de la marca DURO DYNE y asegurada con abrazaderas y empaquetaduras para cierre hermético.

Se proveerán compuertas manuales en los desvíos de los ductos empleando planchas de fierro galvanizado calibre N° 20, cuyo eje irá apoyado en las caras del ducto con cojinetes de bronce. El eje identificará desde el exterior la posición real de la compuerta.

Los codos se construirán con el radio menor, igual a los 3/4 de la dimensión del ducto en la dirección el giro, donde por limitaciones de espacio no se pueden instalar codos curvos, se instalarán codos rectangulares con guías de doble espesor.

Las transformaciones se construirán con una pendiente hasta 25%.

5. Rejillas para extracción o retorno

Serán similares al modelo RHE de la marca "METAL AIRE" o Similar aprobada, fabricada totalmente de aluminio extruido, y pintados de color blanco (a menos que se requiera otro color).

Todas las rejillas llevarán un dámper de hojas opuestas.

6. Rejillas de suministro

Serán similares al modelo V4004D de la marca "METAL AIRE" o Similar aprobada, fabricada totalmente de aluminio extruido, y pintados de color blanco (a menos que se requiera otro color).

Todas las rejillas llevarán un dámper de hojas opuestas.

Especificaciones técnicas de instalaciones del sistema

1. Montaje e izaje de equipos

El Contratista deberá llevar y montar los equipos en los lugares indicados en planos, deberá utilizar equipos de izaje apropiados, cumpliendo todas las normas de seguridad pertinentes a este tipo de trabajo., deberá considerar en su oferta los seguros necesarios para los equipos hasta la colocación en sus lugares definitivos.

Será responsabilidad del instalador, el cuidado y estado de los equipos de Aire Acondicionado y Ventilación, que deberá asegurarse estén en excelentes condiciones, tanto de funcionamiento, como de su estructura.

Para el montaje el contratista deberá coordinar con la obra, los espacios de acceso necesarios para los equipos especificados.

Todos los equipos serán montados por el contratista del Aire Acondicionado, el que también instalara todos los sensores, que se indican en planos.

Si por motivo de izaje es necesario desarmar total o parcialmente algún equipo, esto se hará con la autorización de la supervisión de obra y el fabricante, tomando todas las medidas necesarias para cuando se rearmen, queden en las mismas condiciones de operación originales.

2. Instalaciones eléctricas

En los planos de instalaciones eléctricas se indica el lugar donde se han dejado las provisiones eléctricas para el equipo de ventilación. El contratista de la extracción de

monóxido de carbono ejecutará totalmente la conexión eléctrica de los equipos desde dichas previsiones.

Se empleará tuberías Conduit galvanizada pesada americana y cajas Condulet cuando la instalación sea a la vista, pudiendo ser tubería plástica pesada únicamente cuando la instalación sea empotrada.

Los alambres y cables serán de cobre con forro tipo libre de alógeno.

Será parte de la instalación eléctrica la instalación de todo el sistema de control, los arrancadores magnéticos y las botoneras de arranque ubicadas en lugares accesibles.

Todos los equipos de ventilación estarán conectados a tierra con su respectivo cable.

Para la conexión eléctrica en general se seguirán las normas técnicas establecidas en el código nacional de electricidad.

3. Tablero eléctrico

a) Gabinete conformado por:

- **Caja, mandil, marco y puerta con chapa.**

Serán de plancha de fierro galvanizado con un espesor mínimo de 2mm (para uso interior) y 3mm (para uso de intemperie), se aplicará pintura base zincromato y luego pintura de color gris martillado.

La puerta debe llevar en letrero acrílico la denominación del tablero, la puerta debe ser de una hoja, en la parte interior tendrá un compartimiento donde se alojará la relación de circuitos del tablero, la cual se escribirá con tinta y letra mayúscula sobre una cartulina blanca.

- **Barras y accesorios.**

Las barras deben ser colocadas aisladas de todo el gabinete de tal manera de cumplir exactamente con las especificaciones de “tableros de frente muerto”.

Las barras serán de cobre electrolítico de capacidad mínima para 100 amp traerá una barra para conectar las diferentes tierras de todos los equipos.

Serán contruidos de tal forma que se garantice la ventilación adecuada de los equipos instalados en el interior sin necesidad de ventilación forzada.

Grado de protección:

Los tableros que se ubiquen en interiores serán de clase de protección mínimo **IP52**, para los tableros externos (a la intemperie), el grado de protección mínimo será el **IP55**.

Plan de calidad

1. Identificación:

Empresa : UEZU COMERCIAL S.A.C

Actividad : Instalación de equipos de sistemas de ventilación de sótanos en los estacionamientos de la Escuela Nacional de control.

2. Propósito:

Lograr la conformidad de los servicios brindados a los clientes y cumplir con los estándares de instalación.

3. Alcance:

El presente plan de calidad se aplica a la gestión y control de actividades de los servicios brindados a los clientes.

4. Documentos de Referencia

ISO 9001:2015 Planificación y control Operacional (Requisito 8.1).

ISO 9001:2015 Determinación de los requisitos para los productos y servicios (Requisito 8.2.2).

ISO 9001:2015 Diseño y desarrollo de los productos y servicios (Requisito 8.3).

5. Propósitos específicos.

1. Establecer los procedimientos, responsabilidades e interacciones necesarias para implantar, aplicar y mantener el control de actividades.
2. Monitorear de manera permanente las actividades.
3. Resolver las inconformidades encontradas, si este es el caso resultante del proceso de instalación.
4. Seguimiento del cumplimiento de los estándares de instalación.

6. Responsables

Los responsables de la ejecución y aplicación del presente proyecto son:

Ingeniero Supervisor: Responsable de hacer cumplir y gestionar el presente plan de calidad del proyecto.

Técnicos de Aire acondicionado: Responsables de ejecutar el servicio.

Control de calidad: supervisar los trabajos realizados durante el servicio y validar el cumplimiento de los trabajos basándose en la Norma de calidad ISO 9001:2015.

7. Análisis y Aplicación:

La empresa **UEZU COMERCIAL S.A.C**, se enfoca en brindar un servicio de calidad cumpliendo los estándares de calidad basados en los estándares internos de instalación (representados en los formatos de Check List de validación), y al manual de instalación.

Uezu Comercial S.A.C, tiene la capacidad y el compromiso de cumplir con los requisitos de los servicios brindados a sus clientes para ello ejecuta lo siguiente.

- Planifica las actividades necesarias para cumplir los requisitos para realizar los servicios e implementar las acciones determinadas para lograr la satisfacción de los clientes.
- Controla sus actividades a través de las inspecciones realizadas por los supervisores y revisar las consecuencias de los cambios no previstos, tomando acciones para

mitigar cualquier efecto adverso, según sea necesario.

- Revisión y seguimiento del avance del proyecto.
- Validación y revalidación de los resultados del proyecto y de prestación del servicio en general.

8. Descripción del Servicio

La empresa **UEZU COMERCIAL S.A.C** será responsable de la ejecución de los servicios de instalación de equipos de aire acondicionado y de la elaboración documentaria que se requiera para el cumplimiento del proyecto en todas sus fases.

El trabajo realizado durante el proyecto deberá tener como soporte los procedimientos de trabajo y los formatos, y en el transcurso del desarrollo del proyecto generar evidencias verificables y trazables en el tiempo de cada fase culminada.

Metodología

La organización determinará y proporcionará recursos necesarios para asegurarse de la validez y fiabilidad de los resultados cuando se realice el seguimiento o la medición para verificar la conformidad de los servicios.

El supervisor Uezu deberá cumplir con sus procedimientos internos de la empresa UEZU COMERCIAL S.A.C; y cumplir con los lineamientos de los clientes.

El trabajo realizado durante el proyecto deberá tener como soporte los procedimientos de trabajo y los formatos.

Plan de seguridad y medio ambiente

1. Introducción

En el nuevo contexto mundial, las empresas peruanas se encuentran frente a mayores exigencias que requieren programas de adecuación a normas y estándares internacionales de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

El mayor nivel de exigencias se da porque se están expuestos a constantes peligros y riesgos. Con la finalidad de evitar y minimizar los cuasi accidentes y accidentes, es necesario aplicar medidas de seguridad y salud ocupacional, una mayor conciencia en el personal de tal forma que permita reducir las amenazas a sus valores más bajos posibles.

UEZU COMERCIAL es consciente que la seguridad, la salud del trabajador y la preservación del ambiente es de vital importancia, en tal sentido se preocupa por ofrecer las condiciones adecuadas a los trabajadores y de controlar sus aspectos ambientales; de esta manera minimiza y/o evita la ocurrencia de accidentes, enfermedades ocupacionales e impactos ambientales.

El presente Plan ha sido elaborado tomando en consideración la Política de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de la Organización, lo estipulado en los procedimientos, así como los resultados de la Evaluación del Cumplimiento de Requisitos Legales; los cuales están orientadas a la realización de actividades que permitan mejorar el nivel de competencia del personal, sus habilidades, destrezas, y su actitud; con la finalidad de eliminar, reducir y controlar los riesgos además de mitigar los impactos ambientales.

2. Alcance

Este Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente se aplica a todas las instalaciones y colaboradores de **UEZU COMERCIAL S.A.C.** a nivel, servicios de terceros que brindan servicios dentro de las instalaciones del proyecto **Sistema de ventilación de estacionamientos de la Escuela Nacional de Control** ubicado en **Lince**.

El reglamento establece las funciones y responsabilidades que con relación a la seguridad y la salud en el trabajo, deben de cumplir obligatoriamente todos los trabajadores, los contratistas, proveedores, visitantes y cualquier otra persona que se encuentre dentro de las instalaciones.

3. Objetivos y metas

Fundamentos del plan SSOMA

- Todos los Incidentes ocurren porque hay causas que lo provocan. Estas causas se pueden identificar y controlar.
- El principio fundamental de la Seguridad, Salud Ocupacional y el Medio Ambiente es la Prevención.
- Los trabajadores de la empresa constituyen la columna vertebral de todo Programa de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio ambiente.

Definición del plan SSOMA

Es un documento de periodicidad anual, que contiene los objetivos y actividades a desarrollarse, conducentes al logro y mantenimiento de las condiciones óptimas de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Objetivos del plan SSOMA

El Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de UEZU COMERCIAL busca alcanzar los siguientes objetivos:

- Reducir los niveles de accidentabilidad en las actividades desarrolladas por UEZU COMERCIAL.
- Desarrollar las actividades y capacitaciones consideradas en el presente plan, con la finalidad de eliminar, reducir y controlar las condiciones y actos sub-estándares.
- Controlar, minimizar y prevenir la contaminación ambiental producto de las actividades de UEZU COMERCIAL.
- Ejecutar las actividades de Higiene y Salud Ocupacional, establecidas en el presente Plan, orientadas a mantener condiciones óptimas de trabajo y a minimizar las enfermedades ocupacionales
- Desarrollar las actividades y capacitaciones consideradas en el presente Plan.

Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de riesgos de controles

UEZU COMERCIAL SAC cuenta con el Procedimiento UEZU-P-SSOMA-004 Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgo y Determinación de Controles que le permite identificar permanentemente los Peligros presentes en los Sitios de trabajo y en el cual incluye sus respectivas medidas de prevención y control. Así mismo registra los peligros identificados en el documento UEZU-MT-SSOMA-001 Matriz IPERC.

En esta matriz se incluirá la identificación de todos los peligros y riesgos, para las diferentes fases del proyecto, priorizando e implementando los sistemas de control indicados (medidas de higiene industrial y medicina preventiva) para asegurar la prevención de las enfermedades ocupacionales y/o incidentes, en las diferentes etapas del proyecto. Para el caso del Proyecto UEZU COMERCIAL SAC, se usará el procedimiento del cliente de ser el caso.

La matriz de identificación de peligros evaluación de riesgos se debe mantener actualizada y será modificada en caso de ser necesario cada vez que:

- Haya ocurrido un incidente de trabajo, o ambiental
- Se haya implementado un cambio en el alcance de trabajo
- Se presente un cambio en la organización del sitio de obra.
- Cambio en algún proceso, maquinaria, equipo, herramienta o métodos de trabajo.
- Después de una auditoría - si así se requiere.
- Se presenten cambios o modificaciones de los requisitos legales, reglamentarios y/o Corporativos
- El área de trabajo haya sido modificada.
- Se hayan implementado nuevos controles operacionales y/o procedimientos.
- Implementación de nuevos controles operacionales y/o procedimientos.

Matriz de evaluación de riesgos

Tabla 38. Matriz de evaluación de riesgos

			PROBABILIDAD				
			REMOTA	POCO PROBABLE	OCASIONAL	PROBABLE	FRECUENTE
Peso			2	3	5	8	13
SEVERIDAD	CATASTRÓFICA	32	64	96	160	256	416
	CRÍTICA	16	32	48	80	128	208
	GRAVE	8	16	24	40	64	104
	MODERADA	4	8	12	20	32	52
	LEVE	2	4	6	10	16	26

Fuente: UEZU COMERCIAL SAC

Organización de responsables

Gerencia General

- Definir las Políticas y asignar los recursos necesarios para su implementación.

Todas las Jefaturas

Cumplir con las funciones asignadas por el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional Decreto Supremo N° 005-2012-TR “Reglamento de la Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo”

- Aprobar e impulsar el desarrollo del Programa Anual de Seguridad y Salud Ocupacional, a través del Sub Comité de Seguridad.
- Son responsables de la ejecución, seguimiento y supervisión del Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de UEZU COMERCIAL en sus diferentes instalaciones o proyectos, en coordinación con la Encargatura SSOMA.

Encargatura SSOMA

Responsable del Cumplimiento de los objetivos establecidos en el presente plan y de promover el cuidado integral de los trabajadores, así como del diseño, Implementación, monitoreo, ejecución y difusión del Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

- Planificar, organizar, dirigir y controlar la ejecución de las actividades de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente tanto en oficina, como en obra orientado a evitar daños a las personas, medio ambiente y a la propiedad.
- Asesorar, auditar y facilitar temas de seguridad al personal de dirección, línea de mando y trabajadores que participan en obra.

Supervisores

- Gerenciar y liderar las acciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en la obra bajo su responsabilidad.
- Participar en la implementación el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo específico para su obra, logrando el cumplimiento de los estándares trazados por la Empresa.
- Asistir a las reuniones del Sub Comité de Seguridad, Salud y Ambiente de la obra, para informar a los miembros referentes al avance de la implementación de la Seguridad, Salud y Ambiente en los frentes de trabajo bajo su responsabilidad.
- Realizar las inspecciones y observaciones planeadas según los estándares establecidos en el Plan de Seguridad, Salud y Ambiente, haciendo el levantamiento de las observaciones.
- Coordinar con el Prevencionista de Seguridad, Salud y Ambiente de la obra, para elaborar el Informe de Gestión de Seguridad, Salud y Ambiente y presentarlo semanalmente y mensualmente al Cliente.
- Solicitar y prever los equipos de protección individual y herramientas de trabajo adecuados para ejecutar las tareas.

- Llevar a cabo reuniones de coordinación con el prevencionista de seguridad y salud ocupacional y medio ambiente, supervisores de campo, los administradores de los frentes de trabajo y los Maestros de los frentes de trabajo, para evaluar el cumplimiento de las normas, reglamentos y directivas de seguridad y salud en el trabajo.
- Proponer la premiación al personal que destaque en el cumplimiento de las normas de seguridad, proponer las sanciones a aquellos que infrinjan dichas normas.

Trabajadores/ Colaboradores

- Son responsables del cumplimiento de la Política de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Aplicarán la prevención a través de un análisis grupal previo a cada tarea asignada, para ello se requiere conocimientos, habilidad, motivación, compromiso y responsabilidad dinámica
- Para el análisis previo a la tarea se requiere de cada uno de los miembros del equipo de trabajo creatividad.
- Iniciativa, experiencia, optimismo y proactividad.
- Utilizar los equipos de protección personal de acuerdo al tipo de tarea a ejecutar y mantenerlos en condiciones óptimas de uso.

Inspecciones de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente

Las Inspecciones de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente: Consiste en verificar y evaluar interdisciplinariamente en forma detallada el cumplimiento de las condiciones de seguridad físicas y espaciales de las instalaciones y equipos donde UEZU COMERCIAL realiza trabajos, a fin de identificar los peligros y determinar entre otros aspectos el equipamiento de seguridad con el que deben contar para hacer frente a posibles situaciones de Emergencia o desastres. Asimismo, permite verificar y evaluar continuamente los aspectos ambientales identificados en el desarrollo de las actividades

administrativas y operacionales, a fin de controlar y/o evitar los impactos ambientales negativos.

Se inspeccionará las zonas de trabajo, equipos y maquinarias de las operaciones. Se tomará en cuenta lo siguiente:

Exámenes médicos ocupacionales

Los exámenes médicos ocupacionales de ingreso, periódicos y de egreso deben realizarse a todo el personal, sin importar la duración del contrato. Esto es aplicable a subcontratistas.

Para lo anterior UEZU COMERCIAL cumplirá y aplicará los protocolos de exámenes médicos del cliente, incluyendo los complementarios indicados en las normas legales vigentes peruanas (RM312-2011/MINSA).

Medio ambiente

UEZU COMERCIAL SAC se compromete a establecer y lograr objetivos que incluyan la prevención de la contaminación y el cuidado del medio ambiente. En el mejoramiento continuo de la gestión, el uso eficiente de los recursos naturales y aspirando no dañar a las personas ni al medio ambiente.

Todo trabajador está en la obligación de prevenir la contaminación, cumplir con las regulaciones y el mejoramiento continuo de las actividades de protección ambiental.

La empresa está comprometida:

- Reducir la generación de residuos sólidos.
- Reducir o eliminar la contaminación ambiental.
- Promover la conciencia ambiental entre el personal.
- Daño de personas.

Matriz de identificación y control de aspectos ambientales significativos - ICAAS

Para el proyecto de UEZU COMERCIAL SAC, UEZU COMERCIAL contará con el procedimiento para la identificación de aspectos ambientales y definición de controles, atendiendo los lineamientos descritos.

Esta matriz será divulgada a todos los trabajadores y contratistas que estén autorizados a participar en el presente proyecto, y se dejará registro escrito del conocimiento de los aspectos ambientales por parte de los trabajadores independientemente de su tipo de contratación (subcontratista, temporal, etc.).

Cronograma de obra:

Se hizo un cronograma de obra para establecer cuál es la duración de una implementación del sistema planteado, como se aprecia en los anexos 15 al 21, además se debe mencionar que se estableció un tiempo de obra que es de 134 días, desde el inicio y el envío de la Orden de compra del proyecto.

El sistema tiene una duración predominante en la importación de los equipos y accesorios que participarán en el sistema, puesto que, estos equipos son de fabricación única para los proveedores que se tienen, el cliente sabe cuál es la situación del proyecto y la importación de ellos, es por eso que se prevé un tiempo donde no se trabajara en el proyecto y se tratara de rescatar tiempo en preparar el área de trabajo para cada uno de los sótanos establecidos para el trabajo.

CRONOGRAMA DE OBRA- PROYECTO VENTILACION DE SOTANO DE LA ESCUELA NACIONAL DE CONTROL

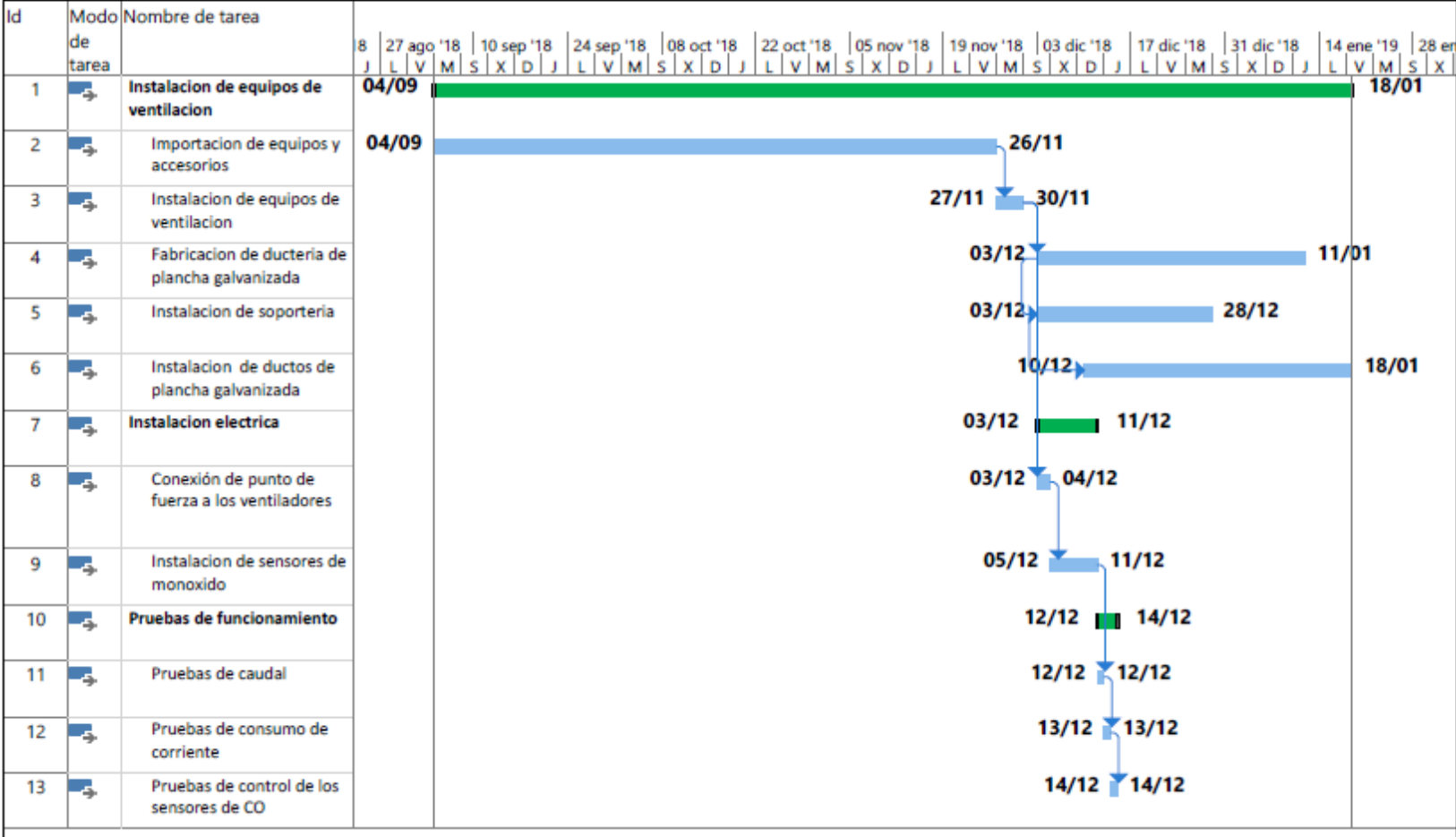


Figura 33. Cronograma de obra

Diagrama PER-CPM para establecer la ruta crítica de implementación de obra

Se hará un análisis de la implementación del proyecto donde se analizará la ruta crítica para la implementación del proyecto.

Tabla 39. Tabla de actividades de instalación del proyecto

Etiqueta	Actividad de la instalación del proyecto	Duración (días)	Precedencia
A	Importación de equipos de ventilación (inyectores y extractores) y accesorios	84	-
B	Importación de accesorios (monóxido de carbono, transformadores de voltaje, variador de frecuencia para extractores de aire)	40	-
C	Fabricación de bases metálicas para apoyo de los equipos de inyección y extracción	10	-
D	Instalación de equipos de inyección de aire en la azotea	3	A,C
E	Instalación de equipos de extracción de aire en cuarto de extracción	3	A,C
F	Fabricación de ductos de plancha galvanizada según planos	38	D,E
G	Instalación de soportes metálicos en el techo para apoyos de ductos de ventilación	25	D,E
H	Instalación de ductos de plancha galvanizada según planos	38	G
I	Conexión de punto de fuerza a los inyectores de aire	1	D
J	Conexión de punto de fuerza a los extractores de aire	1	E
K	Instalación de variador de velocidad para extractores de aire en sótano	1	B
L	Ubicación de sensores de monóxido de carbono según el plano	6	B
M	Instalación de sensores de monóxido de carbono	6	L
N	Instalación de transformadores de voltaje para sensores de monóxido de carbono	6	N
O	Pruebas de caudal en cada punto de extracción e inyección	1	k
P	Pruebas de consumo de corriente eléctrica	1	O
Q	Prueba de control de los sensores de monóxido de carbono	1	P
R	Entrega de obra	1	P

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de CPM

Se establecio con los dato de la tabla anterior.

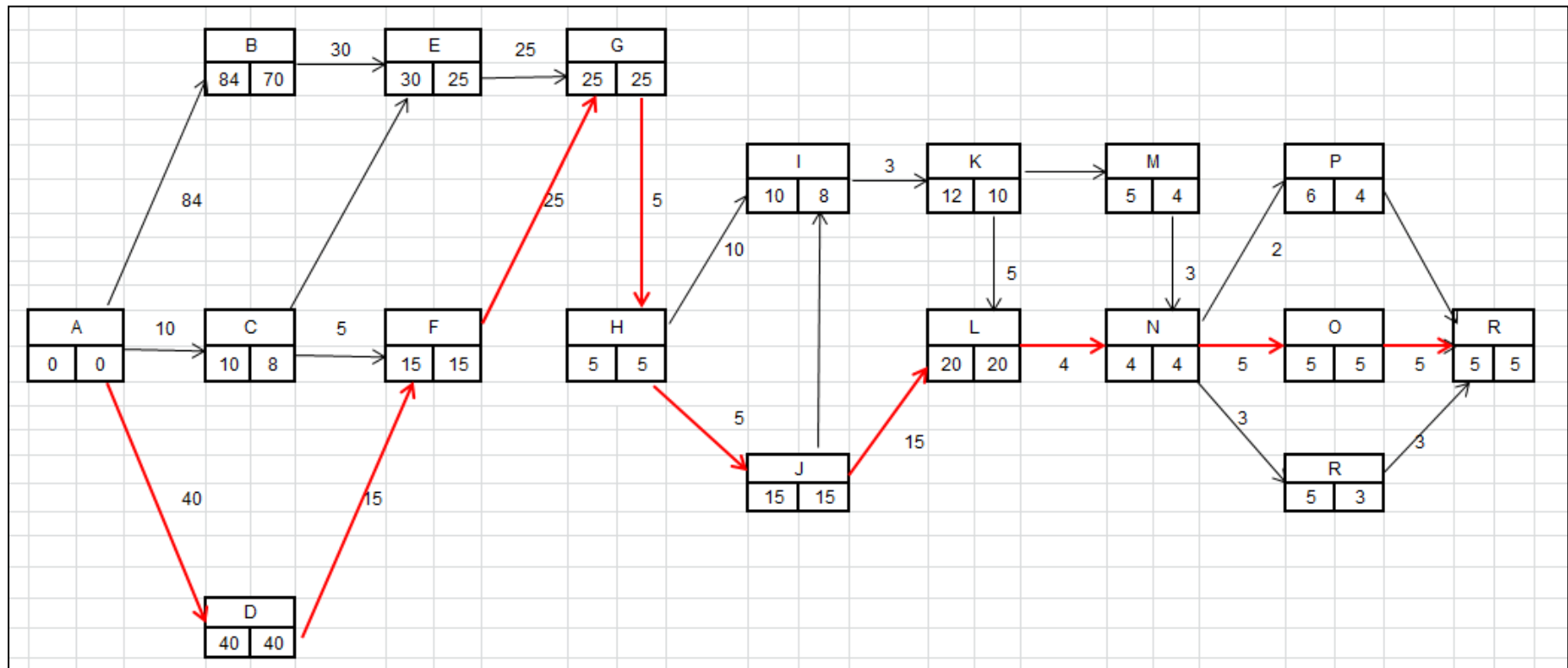


Figura 34. Diagrama de PERT CPM- Ruta critica

Como se aprecia en la figura 32 que se menciona en lo anterior se establece una ruta crítica de 134 días, que es justamente la duración de obra según el cronograma establecido y entregado al cliente.

También se puede describir de la gráfica un tiempo ideal de 120 días, donde se puede derivar que el tiempo establecido para toda la función de implementación está bien considerado con algunos contratiempos que se pueden llegar en algún momento mientras dure la obra.

4.4. Recursos humanos

Los recursos humanos que se han usado en la ejecución del diseño del cual se ha sido solicitado, se presenta en la tabla siguiente, indicando el costo que tuvo tener el trabajo de cada uno de los integrantes como se menciona en el cuadro adjunto.

Tabla 40. Costo de recursos humanos

Planilla de integrantes del área de proyectos	Número de integrantes	Costo por hora de trabajo (S/.x h)	Horas de trabajo	Costo de la planilla
Jefe de Ingeniería	1	80	32	S/. 2560,00
Asistente de ingeniería	1	40	540	S/. 21600,00
Dibujante	3	25	120	S/. 9000,00
			Costo total	S/. 33160,00

Fuente: Elaboración Propia

El área de ingeniería requerido de aproximada 4 meses para el diseño del sistema requerido por el cliente.

Según la tabla 40, el costo por el diseño que se tuvo del cliente es de S/. 33 160,00.

4.5. Análisis financiero

El proyecto a implementar es una parte fundamental de la edificación en general, puesto que, recibe una gran cantidad de usuarios y como tal tiene que contar con las garantías de acceso y seguridad mínimas requeridas.

Por lo antes expuesto, existe en el país una entidad que rige y vela por el buen cumplimiento de las normas que rigen los requerimientos para iniciar a trabajar y funcionar según sea su plan de creación del proyecto.

El organismo gubernamental que vela por cumplir las normas de construcción de edificios y sus respectivos sistemas de implementación es INDECI (Institución Nacional de Defensa Civil). Mediante decretos supremos publicados en el peruano que es la ley magna del Perú, establece diferentes sanciones o infracciones por no contar con los diferentes sistemas de equipamiento y funcionamiento que deben cumplir las construcciones en las diferentes ciudades dentro del territorio del país.

Tabla 41. Sanciones de incumplimiento de reglamentación

Documento	Decreto Supremo	Infracción Cometida	Multa UIT	Sanción Decretada
Reglamento Nacional de Edificaciones	Nº 066-2007-PCM	No cumplir con la implementación del sistema de Extracción de monóxido	2.5	Cierre temporal del edificio, mientras no cumplan con levantar la sanción

Fuente: Diario el Peruano

De tal manera como se ve en la tabla 41 que es de carácter obligatorio diseñar un edificio donde se encuentra la implantación de un sistema de ventilación mecánica para extracción de monóxido de carbono.

Para hacer el análisis según lo antes expuesto solo es necesario color el costo de la inversión inicial y los gastos posteriores de ingresos, simplificándolos en ver los ingresos

desde únicamente el pago mensual que realizaran los participantes en la escuela que en este caso son los alumnos que requieren de un estudio complementario.

Metrado del sistema diseñado:

Tabla 42. Tabla de metrado del sistema de ventilación

Ítem	Descripción	Cant.	Unidad
1.00	Servicio de instalación de extracción de monóxido y de humos		
1.01	Equipo de ventilación de tipo flujo mixto para extracción de CO, para instalar sobre el piso, 36648 CFM de capacidad, 2" C.A., Resistente al fuego a 300 °C, 380V/3F/60HZ.	2.00	u
1.02	Equipo de ventilación de tipo simple entrada para inyección de aire fresco, para instalar sobre el piso, 27486 CFM de capacidad, 1.5" C.A., 380V/3F/60HZ.	2.00	u
1.03	Sensor de monóxido de carbono, con rango de funcionamiento a 0-200ppm, 24V/1F, h=1.5m	40.00	u
1.04	Ductos de Fierro Galvanizado para extracción de monóxido de carbono	15,576.00	kg
1.05	Ductos de Fierro Galvanizado para inyección de aire fresco en los estacionamientos	12,576.00	kg
1.06	Rejillas de extracción de CO, fabricado en plancha galvanizada, para montaje en ducto	15,576.00	pulg2
1.07	Rejillas de suministro de aire fresco, fabricado en plancha galvanizada, para montaje en ducto	12,576.00	pulg2
1.08	Variador de frecuencia para extractores de CO, 30HP, 380V/3F	2.00	u
1.09	Variador de frecuencia para inyectores de aire fresco, 15HP, 380V/3F	2.00	u
1.09	Transformadores de Voltaje para sensores de CO	40	u
1.11	Tablero eléctrico, para extractores e inyectores	2.00	u
1.12	Cableado de fuerza y control para conexión de extractores e inyectores	1	global

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 43 que se muestra como metrado del proyecto, se establece lo que sería las consideraciones que se deben tomar en el momento de desarrollar un análisis de precios unitarios, para así tener una realidad más acertada de lo que se quiere implementar para el funcionamiento del sistema.

Análisis de precios unitarios:

Tabla 43. Tabla de análisis de precios unitarios

Ítem	Descripción	Cant	Unidad	P. Unitario	P. Total
1.00	Servicio de instalación de extracción de monóxido y de humos				
1.01	Suministro de equipo de ventilación de tipo flujo mixto para extracción de CO, para instalar sobre el piso, 36648 CFM de capacidad, 2" C.A., Resistente al fuego a 300 C, 380V/3F/60HZ.	2,00	u	14 125,00	28 250,00
1.02	Suministro de equipo de ventilación de tipo simple entrada para inyección de aire fresco, para instalar sobre el piso, 27486 CFM de capacidad, 1.5" C.A., 380V/3F/60HZ.	2,00	u	11 284,50	22 569,00
1.03	Suministro de sensor de monóxido de carbono, con rango de funcionamiento a 0-200ppm, 24V/1F, h=1.5m	40,00	u	155,75	6 230,00
1.04	Suministro de ductos de Fierro Galvanizado para extracción de monóxido de carbono	15 576,00	kg	0,66	10 342,46
1.05	Suministro de ductos de Fierro Galvanizado para inyección de aire fresco en los estacionamientos	12 576,00	kg	0,66	8 350,46
1.06	Suministro de suministro de rejillas de extracción de CO, fabricado en plancha galvanizada, para montaje en ducto	8 712,00	pulg2	0,99	8 643,18
1.07	Suministro de rejillas de suministro de aire fresco, fabricado en plancha galvanizada, para montaje en ducto	7 645,00	pulg2	1,24	9 453,04

Tabla 43. Continuación

Ítem	Descripción	Cant	Unid.	P. Unitario	P. Total
1.08	Suministro de variador de frecuencia para extractores de CO, 30HP, 380V/3F	2,00	u	706,36	1 412,72
1.09	Suministro de variador de frecuencia para inyectores de aire fresco, 15HP, 380V/3F	2,00	u	928,00	1 856,00
1.10	Suministro de tablero eléctrico, para extractores e inyectores	2,00	u	4 896,00	9 792,00
1.11	Instalación de equipos de extracción de monóxido de carbono (Incluye botonera, cableado de fuerza y control para los equipos)	2,00	u	6 849,37	13 698,74
1.12	Instalación de equipos de inyección de aire fresco (Incluye botonera, cableado de fuerza y control para los equipos)	2,00	u	5 132,74	10 265,48
1.13	Instalación de sensores de monóxido de carbono según sus ubicaciones en los planos	40,00	u	57,13	2 285,34
1.14	Instalación de bases metálicas que soportan los equipos de ventilación	4,00	u	389,12	1 556,48
1.15	Instalación de transformadores de voltaje para los sensores de monóxido de carbono	40,00	u	11,42	456,86
1.16	Instalación de ductos de Fierro Galvanizado para extracción de monóxido de carbono e inyección de aire fresco	28 152, 00	kg	0,67	18 971,63
1.17	Instalación de rejillas de extracción de CO, fabricado en plancha galvanizada, para montaje en ducto	8 712,00	pulg2	0,36	3 156,36
1.18	Instalación de rejillas de suministro de aire fresco, fabricado en plancha galvanizada, para montaje en ducto	7 645,00	pulg2	0,56	4 263,62
1.19	Instalación de variadores de frecuencia según lo requerido	4.00	u	149,58	598,32
				Subtotal S/.	258 094,41

Fuente: Elaboración propia

Análisis financiero de inversión

Tabla 44. Tabla de cálculo de inversión y costo operativo del proyecto.

INVERSION Y COSTO OPERATIVO DE SOLUCION PROPUESTA		Flujo de Costos				
Mes		Mes 0	Enero	Febrero	Marzo	Abril
INVERSION INICIAL	S/.					
1. Servicio de Ingeniería y desarrollo de Proyecto		33 160,00				
2. Implementación de Equipos y Accesorios		115 203,23				
2.1. Equipo de Extracción de Monóxido de Carbono		28 250,00				
2.2. Equipo de Inyección de Aire Limpio		22 569,32				
2.3. Sensores de Monóxido de Carbono		6 230,00				
2.4. Bases Metálicas para Equipos de Ventilación		1 254,32				
2.5. Transformadores de Voltaje		4 275,19				
2.6. Ductos Metálicos para distribución de Aire		18 698,32				
2.7. Rejillas de Extracción de Aire		8 643,21				
2.8. Rejillas de Inyección de Aire		9 453,24				
2.9. Variador de Velocidad		3 265,89				
2.10. Implementos Eléctricos		12 563,74				
3. Instalación		77 572,46				
3.1. Instalación de Equipo de Extracción de Monóxido de Carbono		13 698,74				
3.2. Instalación de Equipo de Inyección de Aire Limpio		10 265,48				
3.3. Instalación de Sensores de Monóxido de Carbono		2 285,34				

Tabla 44. Continuación

3.4. Instalación de Bases Metálicas para Equipos de Ventilación			1 556,48				
3.5. Instalación de Transformadores de Voltaje			456,85				
3.6. Instalación de Ductos Metálicos para distribución de Aire			18 974,32				
3.7. Instalación de Rejillas de Extracción de Aire			3 156,98				
3.8. Instalación de Rejillas de Inyección de Aire			4 264,35				
3.9. Instalación de Variador de Velocidad			598,32				
3.10. Instalación de Implementos Eléctricos			22 315,60				
4. Grúa e Izaje			4 356,32				
5. Ingeniero Supervisor			7 352,14				
6. Sindicato paz social			4 698,62				
7. SCTR y Seguros			4 875,32				
7. Automatización del Sistema			10 876,32				
TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL	S/.		258 094,41				
COSTOS OPERATIVOS DEL SERVICIO							
Insumos				2 000	2 000	2 000	2 000
Mantenimiento				950	950	950	950
Personal				860	860	860	860
Otros				450	450	450	450
TOTAL COSTO OPERATIVO MENSUAL (A)	S/.			4,260	4,260	4,260	4,260

Tabla 44. Continuación

INGRESOS Y EGRESO DE PROCESO ACTUAL

INGRESO Y EGRESO MENSUAL	S/.				
Ingreso de pago mensuales de alumnos		165 000	173 250	181 912,5	191 008,12
Egreso mensuales a docentes y plana administrativa		84 250	88 463	92 886	97 530,3
Mantenimiento		10 000	10 500	11 025	11 576,25
TOTAL COSTO OPERATIVO (B)	S/.	70 750	74 288	78 002	81 901,57

AHORRO/BENEFICIO POR LA SOLUCION PROPUESTA (B-A)	S/.	-191 604,41	-121 576,41	-47 834,41	29 807,16
---	------------	--------------------	--------------------	-------------------	------------------

ROI (Retorno de la Inversión)

INVERSIÓN INICIAL	258 094,41
ahorros/beneficios enero	-191 604,41
ahorros/beneficios febrero	-121 576,41
ahorros/beneficios marzo	-47 834,41
ahorros/beneficios abril	29 807,16
ROI a 1 mes	-75%
ROI a 2 mes	-47%
ROI a 3 mes	-19%
ROI a 4 mes	12%

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en los resultados obtenidos en la tabla de datos y cálculos anterior, el cual se hizo un análisis de sus valores de rentabilidad e ingresos de producción del establecimiento, se tiene que en el 4to mes de haber iniciado la operación del proyecto se puede recuperar la inversión.

Se tiene que hacer un análisis observando los resultados, realizar un proyecto de este tipo es de implementación obligatoria, puesto que hay normas legales y vigentes que supervisan que este proyecto se ejecute de manera correcta y efectiva.

Los proyectos de inversión se caracterizan en que se tiene en algún momento dinero para invertir en algún proyecto que a la larga genere algún rédito de la producción que va a tener este, es decir; si es que se analiza el proyecto en su inversión inicial al pasar algún tiempo, este daría alguna ganancia cuando se compara con otro probable proyecto de inversión, el primero haría ganar más dinero.

En el caso de este proyecto, la inversión del proyecto no se puede comparar con alguna otra, puesto que, la implementación de este tipo de sistema es de manera obligatoria, porque sin ella en el edificio proyectado no permitirían el funcionamiento, y desde ahí traería las pérdidas de producción, el cual sería un punto más para que el propietario invierta en este proyecto de ventilación mecánica.

La inversión inicial para el proyecto está basado en el presupuesto generado por el área de proyectos para brindarle al cliente una estimación de cuál es su costo en su implementación, es aquí donde el cliente estima cuál sería su tiempo de recuperación y ver que de manera no tardaría demasiado tiempo en retornar sus gastos.

CAPÍTULO 5:

ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio

Se tiene que comenzar mencionando cuales son las variables del proyecto, que se detalla a continuación:

- **Variable Dependiente:**

Asegurar la concentración permisible de monóxido de carbono en el estacionamiento subterráneo del edificio de la Escuela Nacional de Control de la Contraloría General de la Republica.

- **Variable Independiente:**

Diseño de un sistema de ventilación mecánica.

Para este proyecto a según los resultados obtenidos ha sido ideal realizar un sistema de ventilación mecánica de manera forzada, como se sabe en las descripciones anteriores y en los anexos donde se muestran los planos de cada uno de los estacionamientos, estos no cuentan con una ventilación natural, o algún lugar con acceso directo al exterior.

De tal forma que calcular, idear el diseño de un sistema de ventilación mecánica ha sido una herramienta perfecta para orientar la variable del problema hacia una solución donde el método de llegar al resultado no ha sido una estimación solo del equipo, sino que su

posterior implementación sea la más capaz de solucionar el problema de la contaminación del monóxido de carbono que tanto asecha el ambiente.

Para el resultado del actual concentración de monóxido de carbono que es de 25 ppm se llegó usando métodos sustentados.

Con este diseño cada vez que una persona quiera estar en uno de los puntos de los estacionamientos ya no tendrá que preocuparse de acarrear un problema de salud físico, porque el diseño ha resultado ser la solución mejor sustentada y dada las características del ambiente mejor colocada, gracias a esto la edificación podrá cumplir con las normas que establecen el Reglamento Nacional de Edificaciones, que si no se cumple con sus enunciados pueden tener problemas hasta de un cierre temporal de su edificación.

5.2. Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación

En la información brindada durante el informe en cada uno de los puntos que comprende las bases teóricas en este caso bases técnicas para la comprensión y solución del problema, lo principal que se debe hacer es controlar el peligro que resulta la inhalación de monóxido de carbono en determinado tiempo, espacio y proporción.

Si se revisa las bases teóricas, según las normas vigentes y las recomendaciones que dan los autores especializados y profesionales en el tema como por ejemplo la ASHRAE, se estima que la máxima concentración o abundancia de monóxido de carbono de carbono dentro de un lugar cerrado, en este caso un estacionamiento concurrido en todo momento de la operación del edificio por personas que son los clientes es de 30 ppm (partes por millón), también hay que señalar que en el Perú rige una norma vigente para la construcción en general de edificaciones que es el Reglamento Nacional de Edificaciones el cual recomienda que el índice o valor máximo permisible de este gas (monóxido de carbono) es de 50 ppm en el capítulo de ventilación el EM.030. Vale señalar que los valores entregados en cada uno de sus recomendaciones son basadas en ensayos realizados a varios

escenarios en condiciones diferentes y en épocas diferentes, algunos bajos los más perjudiciales funcionamientos para ver es su máximo valor de concentración de este gas.

Para el presente proyecto el valor de concentración de monóxido de carbono es de 25 ppm ya que está dentro del rango que es de 0 a 50 ppm. Es importante señalar que para la implementación y funcionamiento del sistema proyectado se tiene un sensor de monóxido de carbono, que es el único accesorio disponible colocado en el área en contacto directo con los gases que van de un lado a otro, quien dará una lectura cada en cada momento de las concentraciones que existen en su espacio de lectura. Para este caso se programa para que de una alerta y accione a los dispositivos siguientes cuando de una lectura de 25 ppm, tal y como se ha registrado el dato de entrada también para el cálculo.

De esta forma se tiene la tabla 45, donde se muestra las concentraciones de monóxido de carbono en un tiempo determinado de entrada y salida de vehículos.

Tabla 45. Concentración aproximada de monóxido de carbono antes del proyecto

	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Numero de estacionamientos	66	66	66	66
Porcentaje de vehículos en operación al mismo tiempo	20%	20%	20%	20%
Vehículos en operación	14	14	14	14
Tiempo de operación del vehículo	180	180	180	180
Nivel de concentración de monóxido aproximado	12000 ppm	12000 ppm	12000 ppm	12000 ppm

Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en el cuadro de la tabla 45, los niveles de concentración de monóxido de carbono son extremadamente peligrosos para los habitantes que concurren diariamente por el lugar. Estos valores pueden variar depende de la época y más que nada el tipo y

condiciones del vehículo. Se tiene una concentración máxima de 12 000 ppm aproximadamente dentro de los recintos estudiados en un instante de día medido.

De tal manera que la aplicación del proyecto es de entera recomendación, por lo que no se puede escatimar daños si ocurre un extraño acontecimiento.

Con lo antes expuesto se tiene la concentración de monóxido de carbono con el diseño establecido en la tabla 46.

Tabla 46. Concentración aproximada de monóxido de carbono después del proyecto

	Sótano 1	Sótano 2	Sótano 3	Sótano 4
Numero de estacionamientos	66	66	66	66
Porcentaje de vehículos en operación al mismo tiempo	20%	20%	20%	20%
Vehículos en operación	14	14	14	14
Tiempo de operación del vehículo	180	180	180	180
Nivel de concentración de monóxido aproximado	25 ppm	25 ppm	25 ppm	25 ppm

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se ve que los resultados aunque más lógicos que puedan ser, se señala que la estimación actual de concentración de monóxido de carbono es de 25 ppm tal y como se había calculado.

5.3. Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce (causa y efectos)

Definitivamente enlazar el problema que se tiene que es la concentración alta de monóxido de carbono con la solución del sistema de ventilación, ha sido sumamente importante, puesto que, ha alterado positivamente las lecturas de medición de concentración de monóxido de carbono.

Al principio del proyecto el cliente pidió una alternativa que sea acorde del mercado y con solución que sea 100% certera a la hora de solucionar su problema.

Las causas del problema salta a los ojos y es la realidad peruana, que el mantenimiento de los autos en sus generaciones de nuevas tecnologías es deficiente, hay algunos que tienen muchos años de fabricación, definitivamente no se le puede prohibir el ingreso a ninguno de los ocupantes o usuarios del edificio. Entonces la única solución certera ha sido arreglar las grandes conglomeraciones de monóxido de carbono que pueden existir en un determinado tiempo de trabajo.

Lo más notorio y el efecto que produce la solución del problema es que lo ocupantes se pueden sentir seguros de habitar por un lapso de tiempo el lugar donde conducirán sus vehículos. Ahora las concentraciones de monóxido bajan considerablemente y de esta manera no dejándolo incrementar para tener el control de cada emisión de los vehículos.

CONCLUSION

1. El diseño del sistema de ventilación que se hizo en el informe es el más adecuado y efectivo, porque según las pruebas realizadas el aire que circula dentro de los estacionamientos es más limpio y de calidad para los usuarios en un valor de 25 ppm.
2. Se definió y calculó que los caudales a extraer en cada uno de los estacionamientos fue de 18 324 pie³/min para el estacionamiento 1, 18 324 pie³/min para el estacionamiento 2, 18 324 pie³/min para el estacionamiento 3 y 18 324 pie³/min para el estacionamiento 4 para la extracción del aire, y 14 660 pie³/min para cada uno de los estacionamientos en inyección de aire fresco, que se han calculado con los parámetros establecidos por normas vigentes y los autores profesionales en el rubro de ventilación a 25 ppm de concentración de monóxido de carbono.
3. Los ductos diseñados para la extracción e inyección del aire de los 4 estacionamientos se ha configurado para que la extracción se haga por ductos colgados en el techo y pegados hacia los lados laterales y la inyección se ha colocado en el centro del estacionamiento para que el movimiento del aire sea tipo un barrido apropiado y pueda alcanzar bajar la contaminación de gas al límite establecido en el menor tiempo para bajar el consumo eléctrico, como se muestra en los planos finales.

4. Se eligieron 2 equipos de extracción de tipo flujo mixto que se colocarán en el cuarto de extracción de monóxido de carbono ubicado debajo del estacionamiento 4, y 2 equipos centrífugos de simple entrada para la inyección de aire fresco, que cumplen todos los parámetros establecidos en un inicio y calculados en cada uno de los pasos del desarrollo como son caída de presión y caudal a operar. Además se seleccionaron los 18 sensores de monóxido de carbono que colocados en lugares estratégicos harán y medirán las concentraciones de monóxido de carbono que serán de un máximo de 25 ppm.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para este tipo de proyecto, hacer el cálculo del caudal total de extracción e inyección con el método recomendado por el ASHRAE donde evalúa los valores físicos reales de los estacionamientos.
2. Se recomienda bosquejar una posible distribución de ductos en el plano de arquitectura antes de colocarlos en el diseño, para mantener una ruta adecuada y plantear los ideales puntos de evacuación de acuerdo a los espacios correspondientes según sea la distribución de cada estacionamiento.
3. Se recomienda diseñar siempre para este tipo de sistema de extracción en los estacionamientos, de tal forma que los ductos sean de sección rectangular o sección cuadrada, puesto que, si se coloca un ducto circular, la altura desde el piso al techo de cada espacio en los estacionamientos disminuiría y podría traer problemas en ubicación y espacios disponibles para los vehículos que ingresen y salen del edificio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

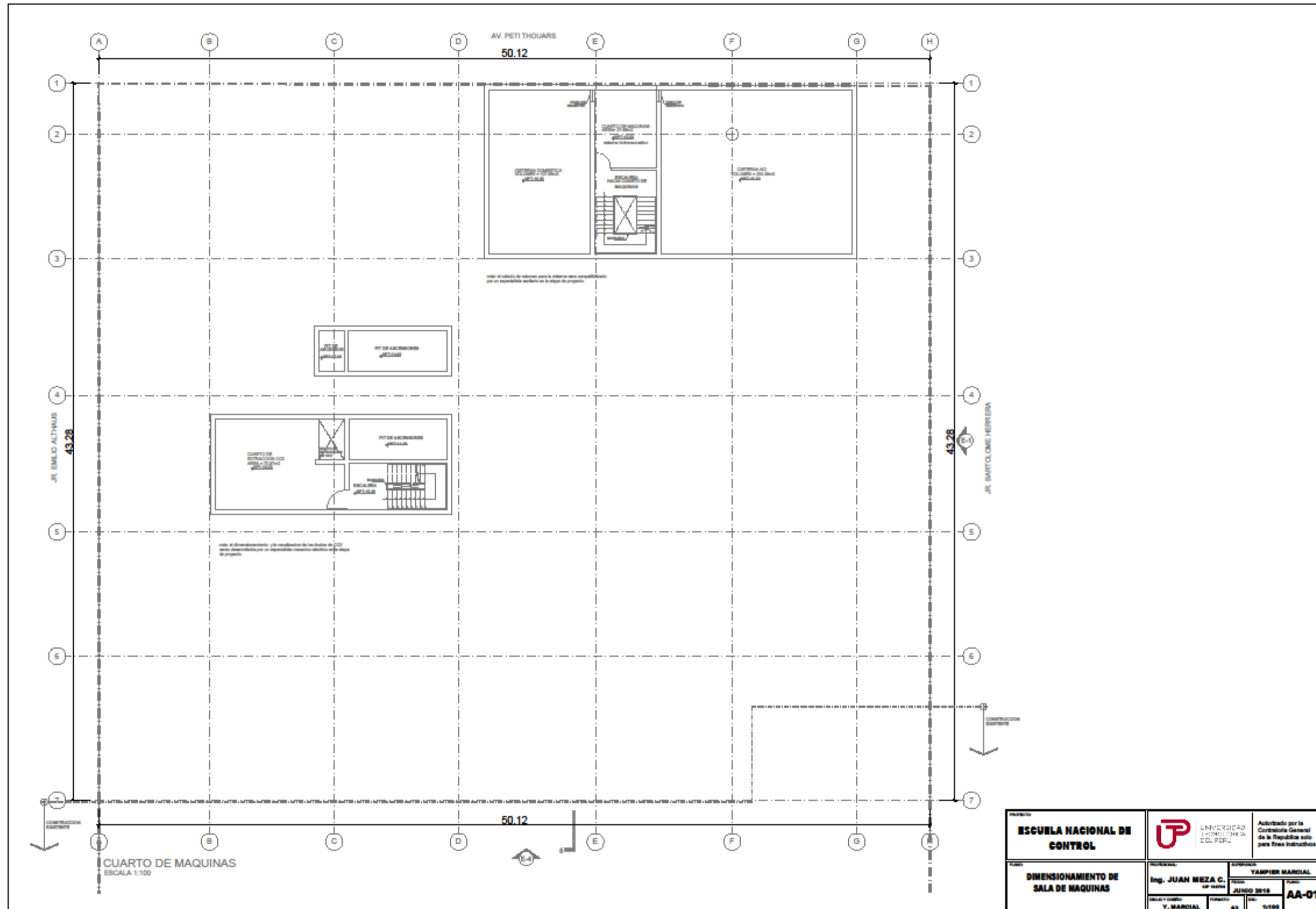
- **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (2011) Applications. Atlanta: ASHRAE
- ✓ ARMIN ERNST Y JOSEPH ZIBRAK (1998) Carbon Monoxide Poisoning. The New England Journal of Medicine. Inglaterra.
- ✓ ALDEN JHON Y KANE JOHN (1982) Design of Industrial Ventilation Systems. Nueva York. 5^o Edición: Industriak Press Inc.
- ✓ ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION (1992) UNE 100-196-92. Ventilación de aparcamientos. España: Asociación Española de normalización y certificación.
- ✓ CENGEL, YUNUS (2006) Fluid Mechanics; Fundamentals and Applications. 1era Edición. Boston: Mc-Graw Hill.
- ✓ ECHEVERRY; CARLOS (2001) Ventilación Industrial. Medellín. 1era Edición: Ediciones de la U.
- ✓ KRATI; MONCEF Y ARSELENE, AYARI (2001) Ventilation for Enclosed Parking Garages: ASHRAE.

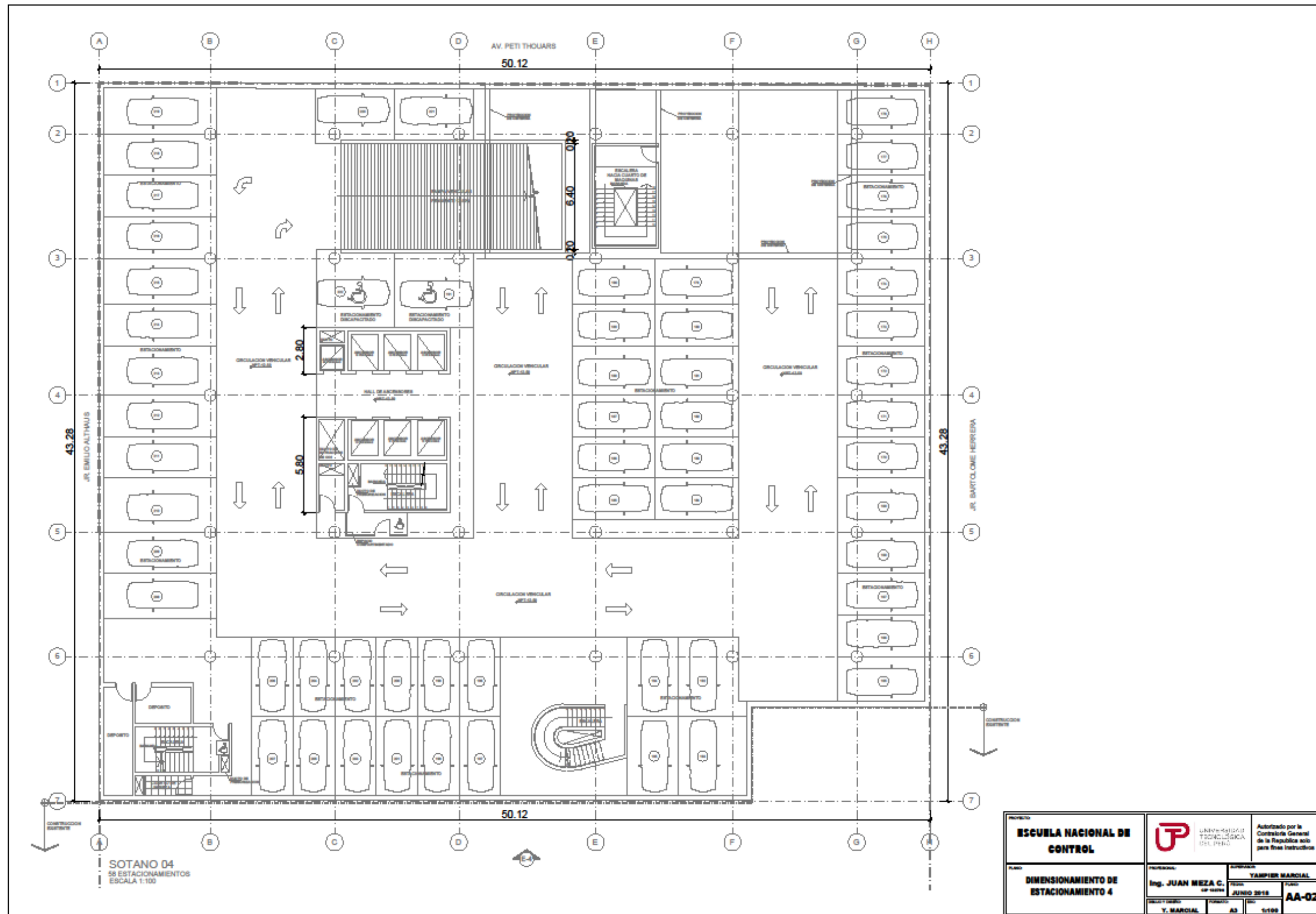
- ✓ MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO (2006) Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima. Diario el Peruano: Normas Legales.
- ✓ OBERT; EDWAR (1973) Internal Combustion Engines and Air Pollution. Nueva York. 3era Edicion: Intext Educational.
- ✓ OSBORNE, W. y TURNER C. (1970) Guía práctica de la ventilación. 2da Edición. Barcelona: Editorial Blume.
- ✓ SALVADOR ESCODA S.A. (1998) Manual práctico de ventilación. 2da Edición. Barcelona: Salvador Escoda S.A.
- ✓ SOLER & PALAU SISTEMAS DE VENTILACION (1995) La ventilación. Material de Enseñanza. Barcelona: S&P.
- ✓ VARGAS-MACHUCA, Federico (1990) Maquinas eléctricas rotativas. 1era Edición. Lima: Megaprint Ediciones S.A.

ANEXOS

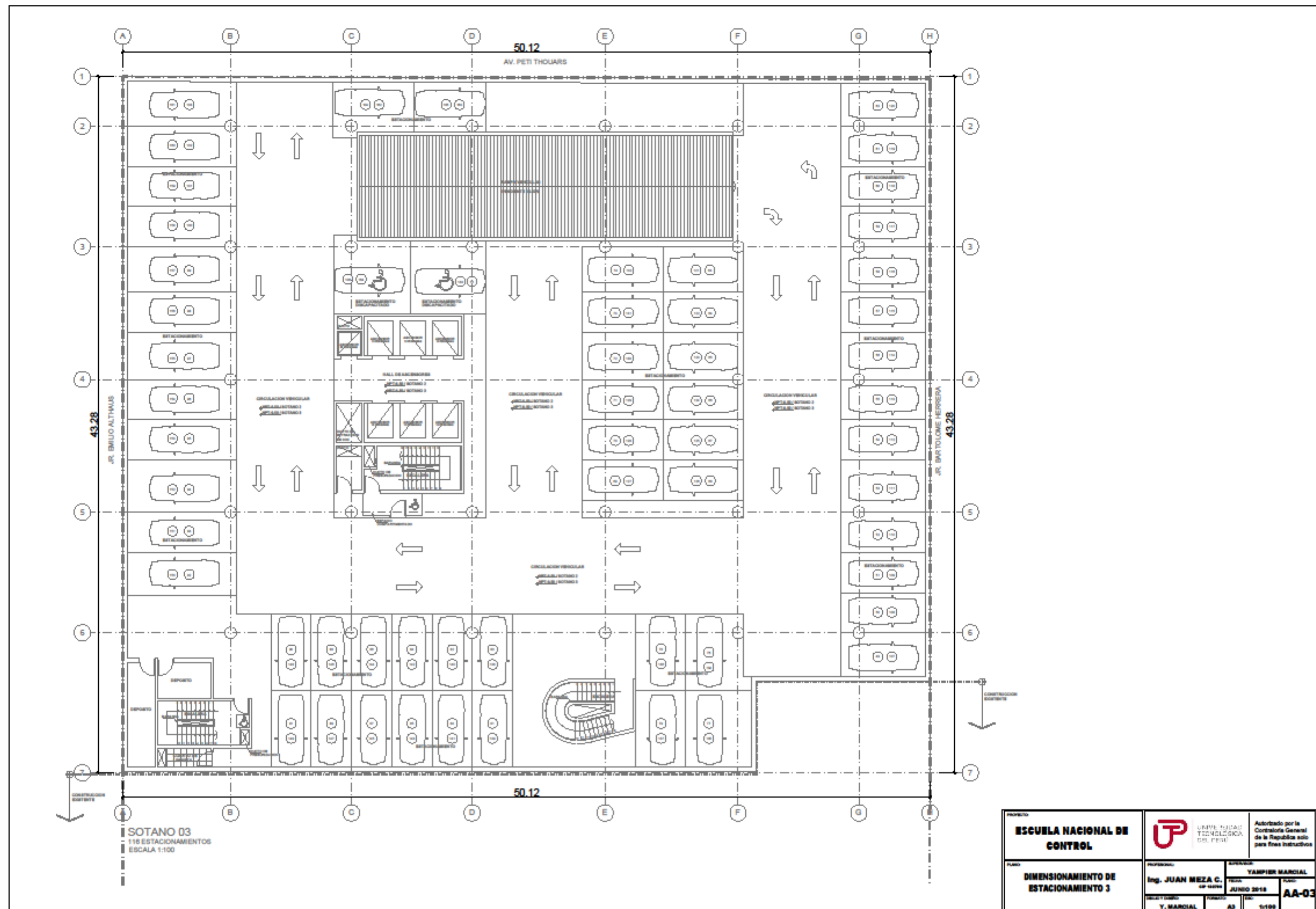
Anexo 1. Plano de dimensión de cuarto de máquinas



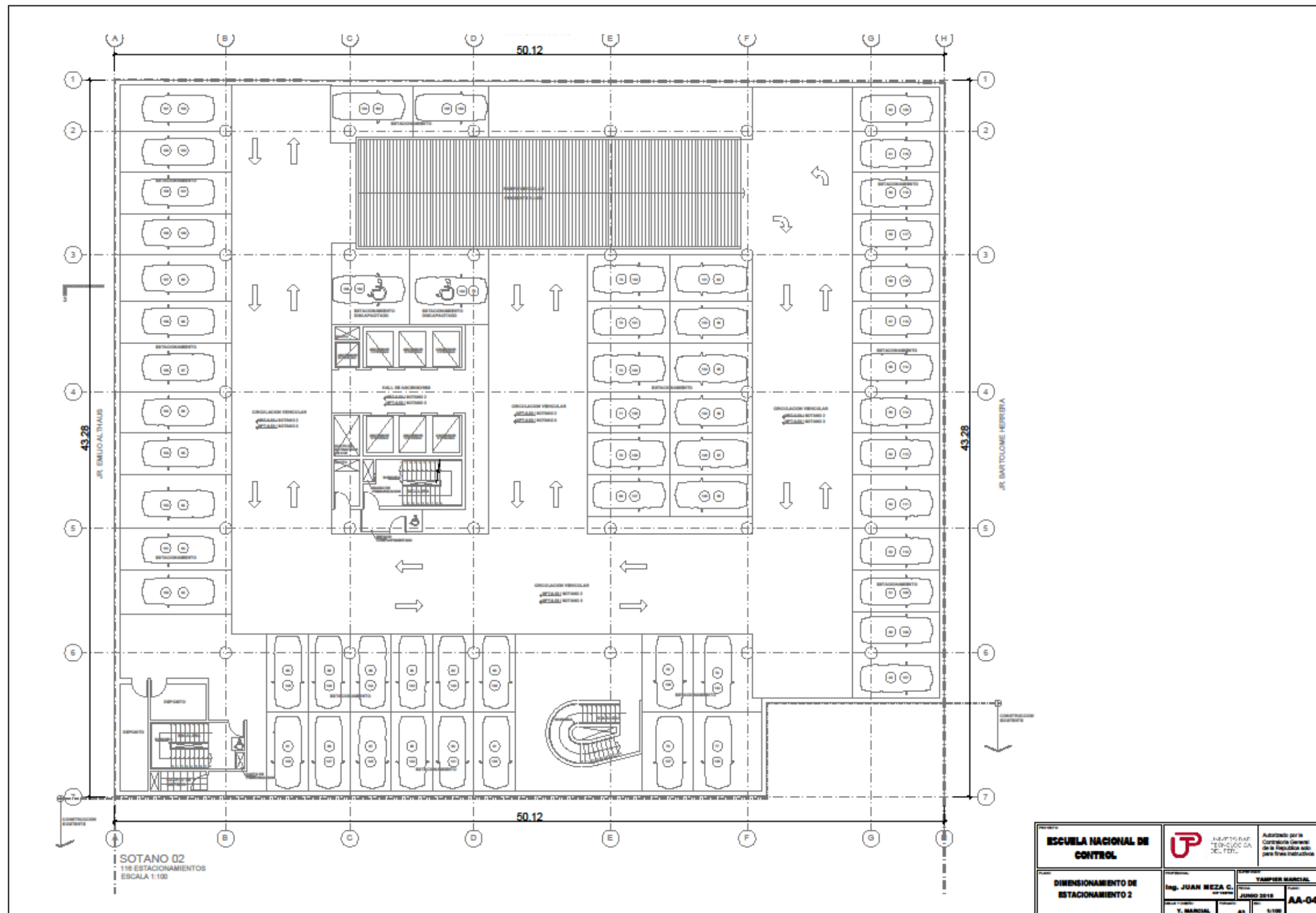
Anexo 2. Plano de dimensión de estacionamiento 4



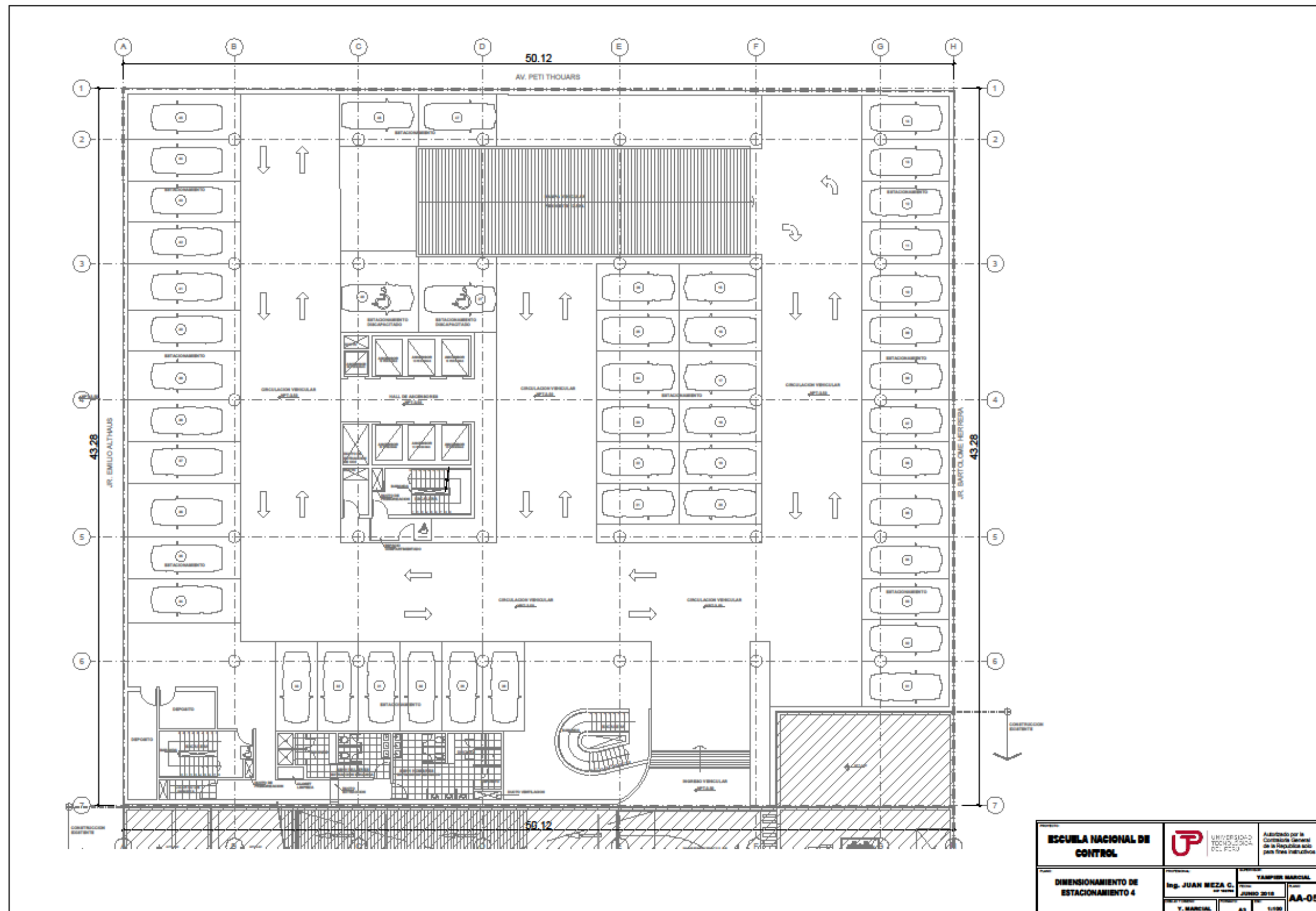
Anexo 3. Plano de dimensión de estacionamiento 3



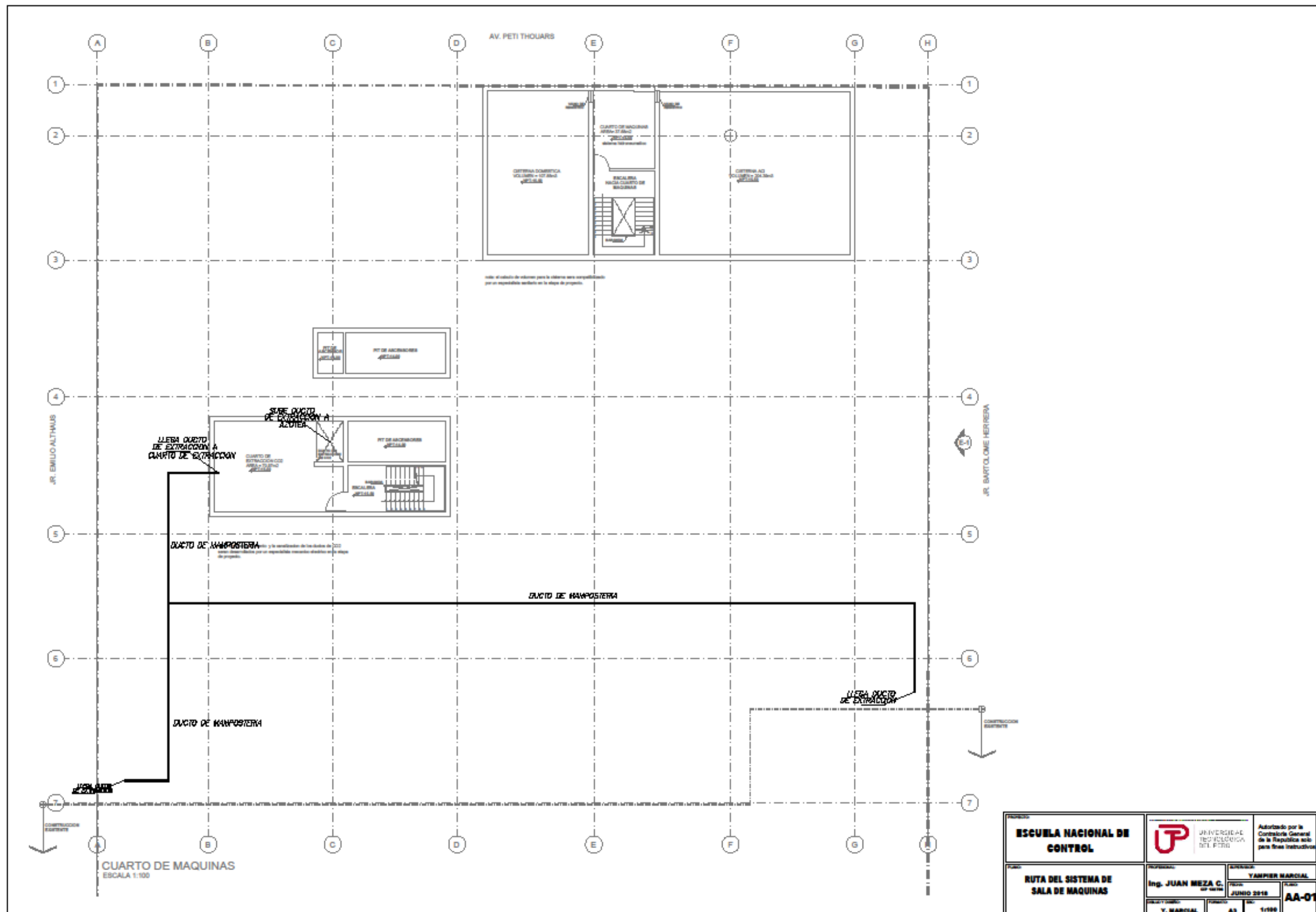
Anexo 4. Plano de dimensión de estacionamiento 2



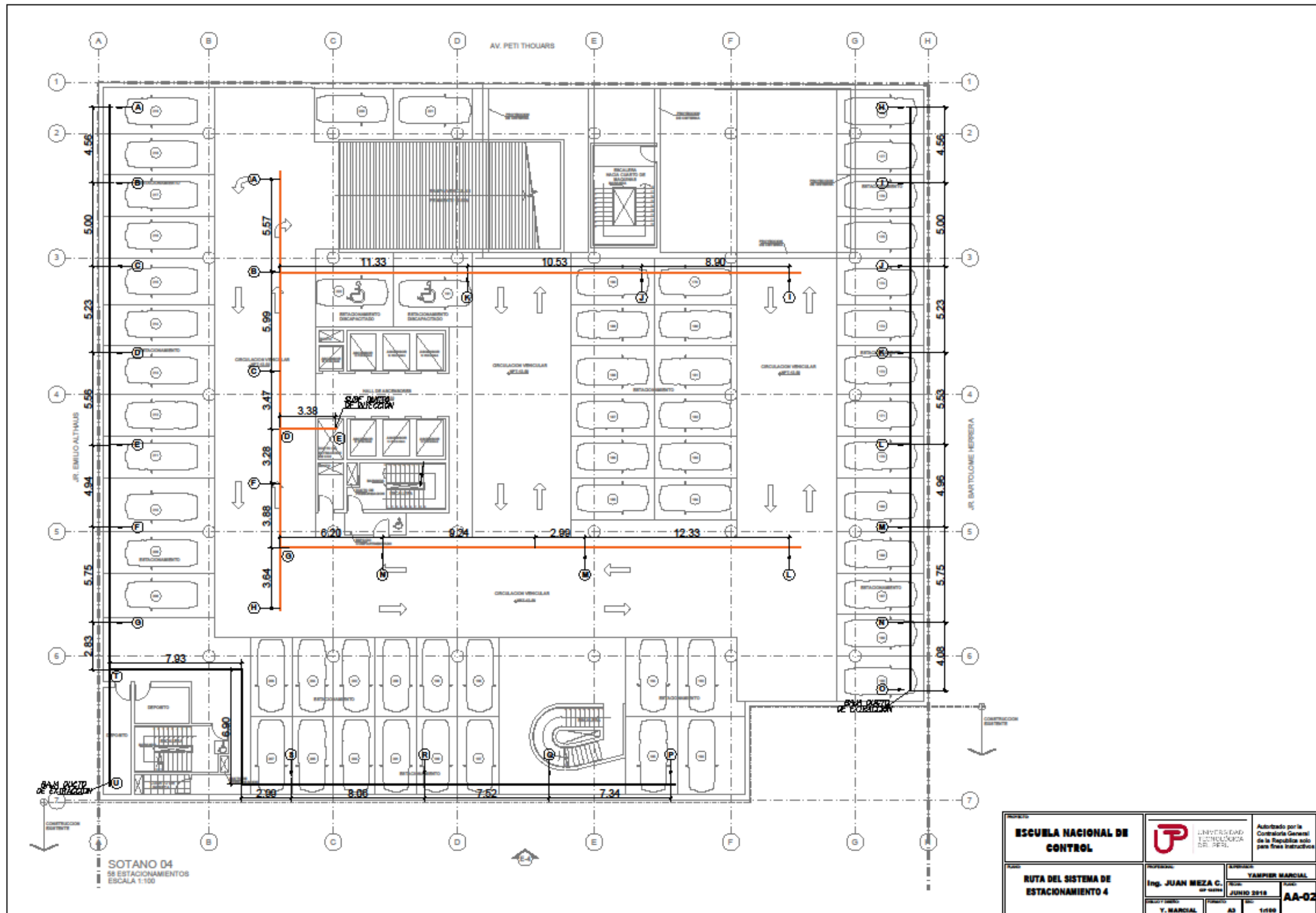
Anexo 5. Plano de dimensión de estacionamiento 1



Anexo 6. Plano de ruta del sistema de cuarto de máquinas



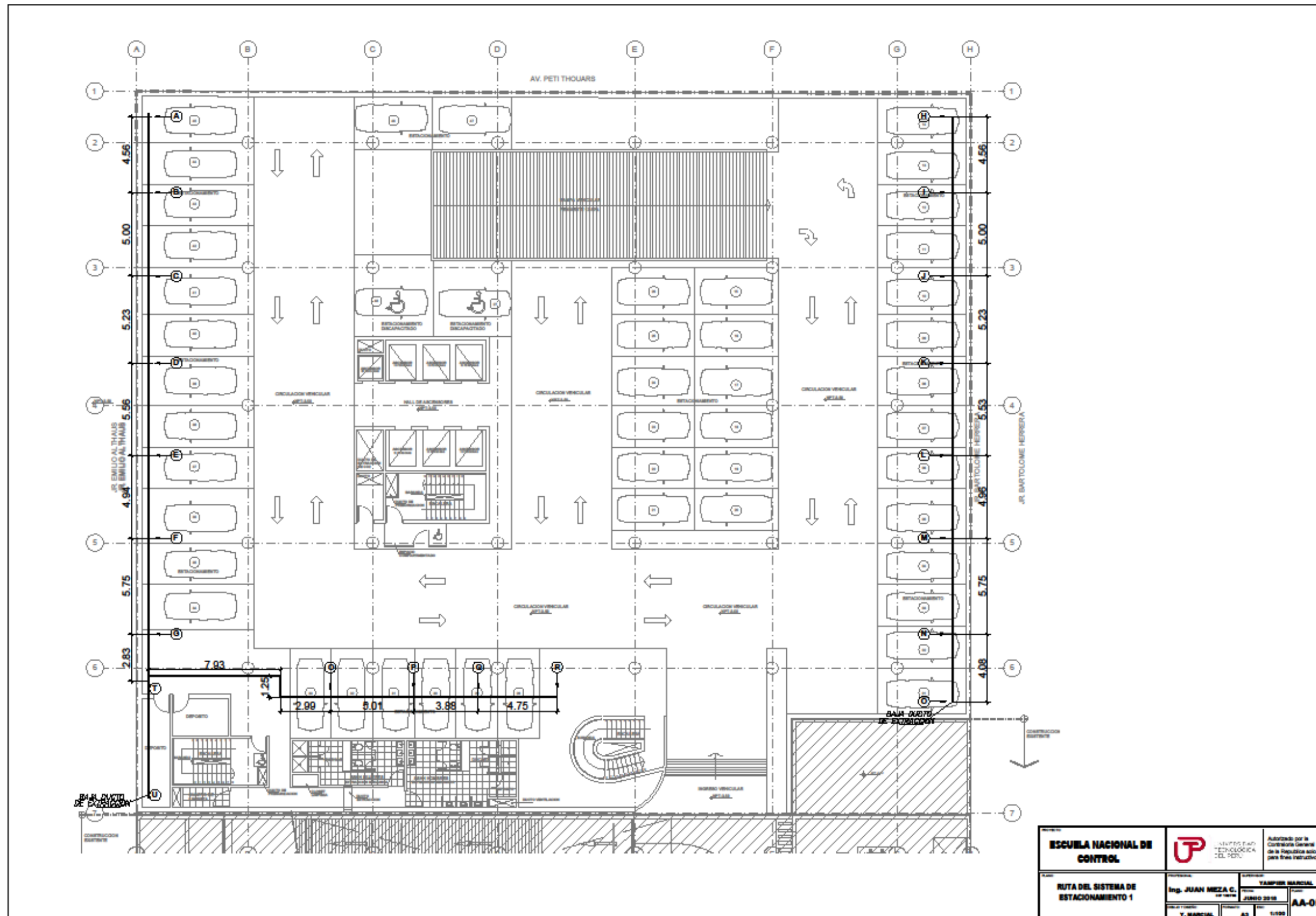
Anexo 7. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 4



Anexo 8. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 3

Anexo 9. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 2

Anexo 10. Plano de ruta del sistema de estacionamiento 1



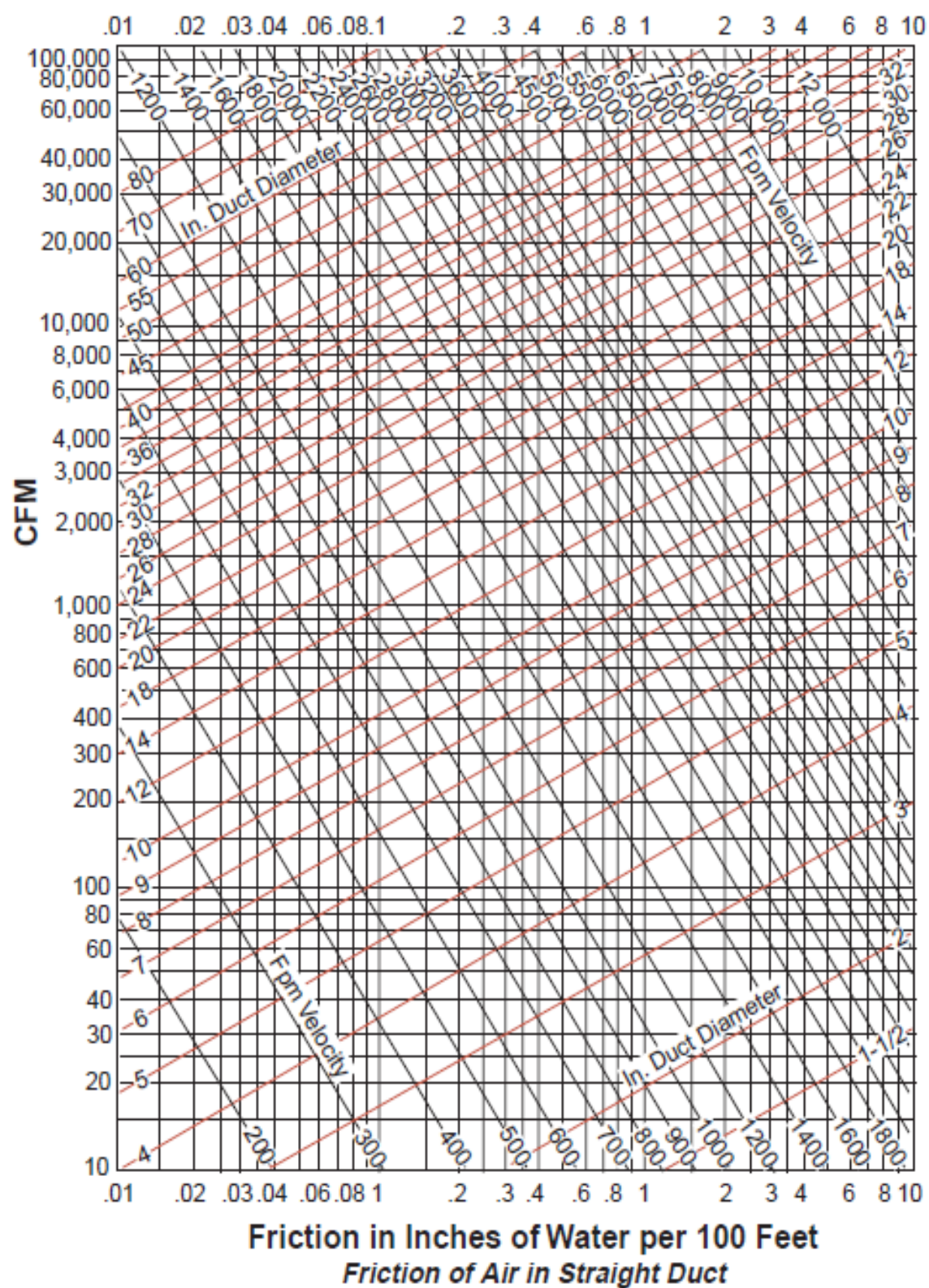
Anexo 11. Rejilla de retorno de aire marca KOOLAIR

Tabla de selección (rejillas de retorno)

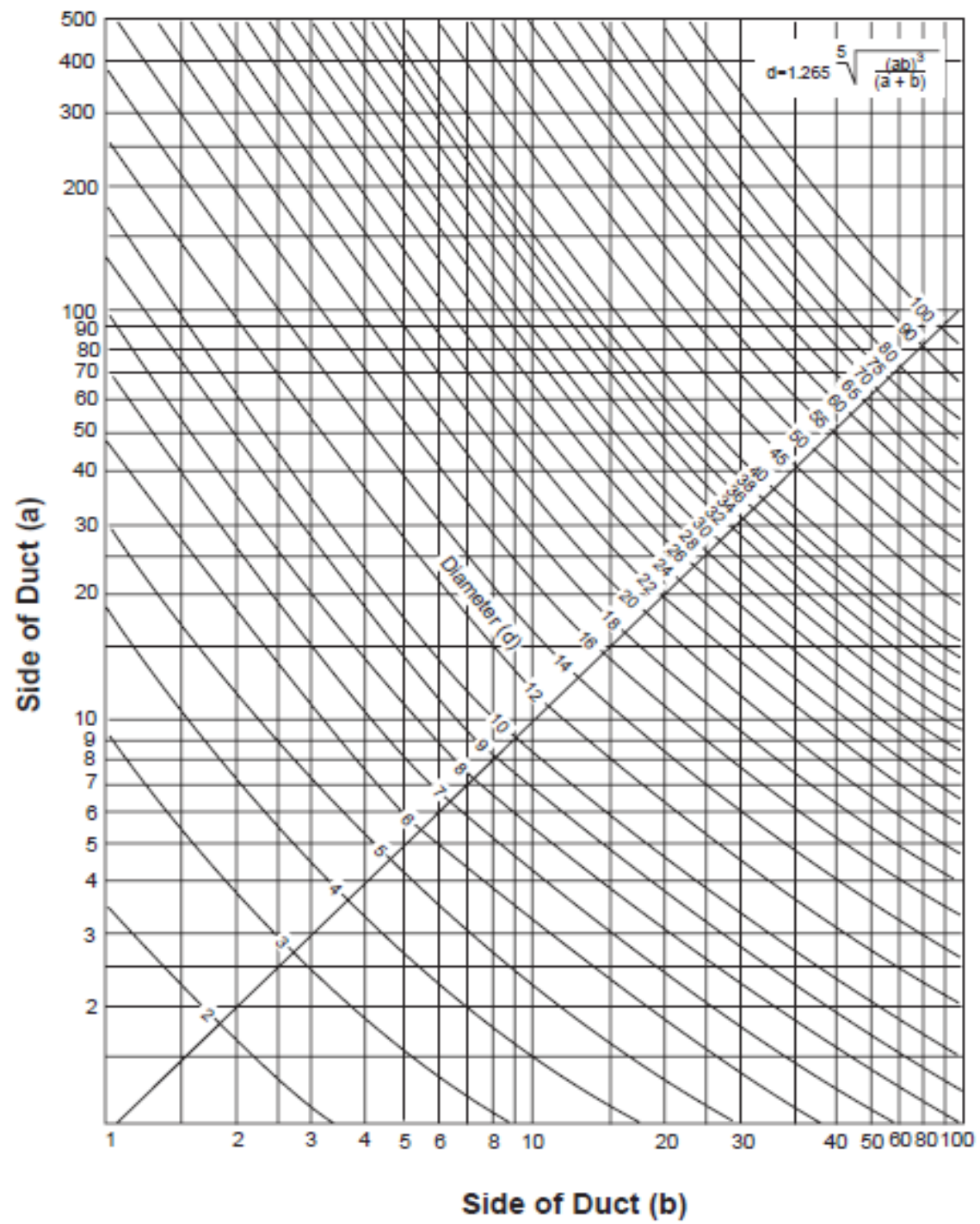
Q		D	200 x 100	250 x 100	300 x 100	400 x 100	500 x 100	600 x 100	500 x 150	600 x 150	300 x 300	500 x 200	800 x 150	800 x 200	1000 x 200	1000 x 250	1000 x 300	1200 x 300
m³/s	l/s	mm			200 x 150	200 x 200	350 x 150	400 x 150	400 x 200	450 x 200		400 x 250	600 x 200	600 x 250	800 x 250	800 x 300	750 x 400	900 x 400
50	13,9	V_e P_s NR	1,8 3,5 12	1,4 2,1 7	1,1 1,5	0,8 0,8	0,6 0,5	0,5 0,3										
60	16,7	V_e P_s NR	2,2 5,0 17	1,7 3,1 12	1,4 2,1 7	1,0 1,1	0,8 0,7	0,6 0,4	0,5 0,3									
70	19,4	V_e P_s NR	2,5 6,8 21	2,0 4,2 16	1,6 2,8 11	1,2 1,5 5	0,9 1,0	0,8 0,6	0,6 0,4	0,5 0,2								
80	22,2	V_e P_s NR	2,9 8,9 24	2,3 5,5 19	1,8 3,7 15	1,3 2,0 8	1,0 1,3	0,9 0,8	0,6 0,5	0,6 0,3	0,5 0,2							
90	25,0	V_e P_s NR	3,3 11,3 27	2,6 7,0 22	2,1 4,7 18	1,5 2,5 11	1,2 1,6 7	1,0 1,0	0,7 0,6	0,6 0,4	0,6 0,2	0,5 0,2						
100	27,8	V_e P_s NR	3,6 13,9 30	2,8 8,6 25	2,3 5,8 21	1,7 3,1 14	1,3 2,0 9	1,1 1,2	0,8 0,8	0,7 0,5	0,7 0,3	0,6 0,3	0,5 0,2					
150	41,7	V_e P_s NR		4,3 19,3 36	3,4 13,1 31	2,5 7,0 25	1,9 4,5 20	1,6 2,8 14	1,2 1,7 9	1,0 1,0	1,0 0,7	0,9 0,6	0,7 0,4	0,6 0,2	0,5 0,2	0,5 0,2		
200	55,6	V_e P_s NR			4,6 23,2 39	3,3 12,4 32	2,6 8,1 27	2,2 4,9 22	1,6 3,0 17	1,4 1,8 11	1,3 1,2 7	1,2 1,1 6	1,0 0,8	0,8 0,4	0,6 0,3	0,5 0,2		
250	69,4	V_e P_s NR				4,2 19,4 38	3,2 12,6 33	2,7 7,7 28	2,0 4,7 22	1,7 2,9 17	1,5 1,9 13	1,3 1,7 11	1,2 1,2	1,0 0,7	0,8 0,4	0,6 0,2	0,5 0,2	
300	83,3	V_e P_s NR					3,8 18,2 38	3,2 11,0 32	2,4 6,8 27	2,1 4,1 22	2,0 2,8 17	1,8 2,4 16	1,5 1,7 12	1,2 0,9	0,9 0,6	0,7 0,4	0,6 0,2	0,5 0,1
400	111,1	V_e P_s NR						4,3 19,6 40	3,2 12,1 35	2,8 7,3 29	2,7 4,9 25	2,4 4,4 24	2,0 3,0 20	1,5 1,7 13	1,2 1,1	0,9 0,6	0,8 0,4	0,6 0,2
500	138,9	V_e P_s NR							4,0 18,9 41	3,4 11,5 35	3,3 7,7 31	3,0 6,8 29	2,5 4,7 25	1,9 2,6 19	1,5 1,7	1,2 1,0	0,9 0,6	0,8 0,4
600	166,7	V_e P_s NR								4,1 16,5 40	4,0 11,1 36	3,5 9,8 34	3,0 6,8 30	2,3 3,8 24	1,8 2,5 19	1,4 1,4 13	1,1 0,9 8	0,9 0,5
700	194,4	V_e P_s NR									4,7 15,1 40	4,1 13,3 38	3,5 9,3 34	2,7 5,2 28	2,1 3,4 23	1,7 1,9 17	1,3 1,2 12	1,1 0,7 6
800	222,2	V_e P_s NR	Simbología: V_e = Velocidad efectiva en m/s P_s = Presión estática en Pa A_e = Área efectiva en m²									4,7 17,4 42	4,0 12,1 38	3,1 6,7 31	2,4 4,4 27	1,9 2,5 21	1,5 1,6 16	1,3 0,9 10
900	250,0	V_e P_s NR											4,5 15,3 41	3,5 8,5 34	2,7 5,6 30	2,1 3,2 24	1,7 2,0 19	1,4 1,2 13
1000	277,8	V_e P_s NR												3,9 10,5 37	3,0 6,9 33	2,4 4,0 27	1,9 2,5 22	1,6 1,4 16
1500	416,7	V_e P_s NR													4,6 15,5 43	3,6 8,9 37	2,8 5,6 32	2,4 3,2 26
2000	555,6	V_e P_s NR	NOTA: - Esta tabla de selección está basada en ensayos reales de laboratorio de acuerdo a las normas ISO 5219 (UNE 100.710) e ISO 5135 y 3741.													4,7 15,8 45	3,8 10,0 40	3,2 5,8 34
3000	833,3	V_e P_s NR																4,7 13,0 44
4000	1111,1	V_e P_s NR																6,3 23,0 52
5000	1388,9	V_e P_s NR																7,9 36,0 58

Tipos: 20-45-H, 20-45-H-O, 20-45-V, 20-45-V-O, 20-45-H-FF, 20-45-V-FF, 21-45-H, 21-45-V, 21-45-H-O, 21-45-V-O

Anexo 12. Gráfica para seleccionar el factor de fricción



Anexo 13. Gráfica para seleccionar sección del ducto rectangular según diámetro equivalente



Anexo 14. Ficha técnica del sensor de monóxido de carbono para el proyecto

Air Quality / Gas Detection | Platform for Gas Sensors

GWN

Modular Gas Sensor Platform Accepts AG Series Gas Sensors



GWN



AGAE Enclosure
(sold separately)

GWN Series platform offers a convenient means for sensing gases in the environment. The GWN is mounted to any single-gang electrical box and wired to the building controller. Then, a single AGxx gas sensor (sold separately) is installed in the GWN. With this design, there is no need for a costly new installation when a sensor reaches the end of its life. The GWN platform remains installed, and the installer simply opens the GWN housing to replace the modular sensor inside, reducing labor costs and downtime.

AG Series sensors can be swapped in the GWN platform at any time with minimal effort. The GWN platform converts the signal from the AG sensor into an analog or relay signal compatible with building control systems.

The available AGAE metal enclosure (sold separately) provides a modular solution for applications that require a rugged enclosure along with an integral audible horn and 10 A relay for direct fan control.

SPECIFICATIONS

Input Power	15 to 30 Vdc/24 Vac $\pm 20\%$, Class 2, 50/60Hz, max. 60 mA
Relay Ratings	1A/30 Vdc/dc, normally open
Operating Temperature Range	-20 to 50 °C (-4 to 122 °F)
Operating Humidity Range	0 to 90% RH non-condensing
Terminal Block Wire Size	30 to 12 AWG
Terminal Block Torque	0.5 to 0.6 N-m (0.37 to 0.44 in-lbf)
Protection Class (self-evaluated)	IP20
WARRANTY	
Limited Warranty	5 years*
COMPLIANCE INFORMATION	
Agency Approvals	Intertek ETL Listed to UL 61010-1



Modular design

Modular platform accepts Veris AG Series sensors (sold separately)...no need to install a new GWN when the sensor life wears out

LEDs

Three colored LEDs - red, yellow and green - for easy status viewing

Microprocessor based

Microprocessor controlled... excellent stability operation

Wide options

Interface to control system via 4 to 20 mA with relay, 0 to 5 / 0 to 10 Vdc with relay, or relay only options...application flexibility

No calibration

No calibration required...easy maintenance and worry-free

Versatile interface

Interface to DDC systems or direct fan control

APPLICATIONS

- Parking garage ventilation
- Air quality compliance
- Vehicle bays (ambulance/fire/taxi)
- Mechanical rooms
- Sally ports

The GWN operates only when an AG Series gas sensor is installed (sold separately). Accuracy, sensitivity, setpoints, and measurement range are dependant on the AG Series sensor connected to the GWN platform. See the AG Series sensor installation guide for details.

* The AG Series gas sensors are warranted for two years from the date of manufacture. The AG Series sensors are not included in the five-year GWN warranty.

**The CE mark indicates RoHS2 compliance. Please refer to the CE Declaration of Conformity for additional details.



800.354.8556 | +1 503.598.4564 | sales@veris.com | intl@veris.com | www.veris.com

HQ0004936.K 0117

Anexo 15. Ficha técnica de la selección del extractor EC-01,02



COOK



MARK: EC-01,02

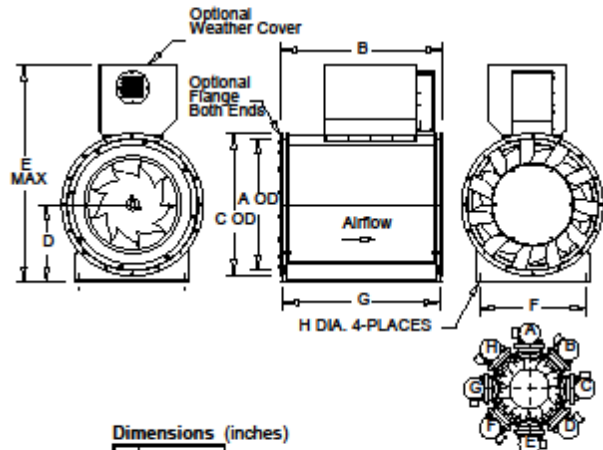
PROJECT: ESCUELA NACIONAL DE CONTROL

DATE: 04/02/2019

QMX

Mixed Flow Inline
Horizontal Mount
Belt Drive
Arrangement 9
Level 2

STANDARD CONSTRUCTION FEATURES:
High efficiency mixed flow wheel - Continuously welded steel housing with Lorenized powder coating - Welded aerodynamic straightening vanes - Integral inlet and outlet collars for slip fit duct connections - Adjustable motor plate utilizing threaded studs for positive belt tensioning - L10/40K Concentric locking regreasable bearings with extended lube lines - Belt guard - Lifting lugs - Adjustable mounting feet.



MOTOR POSITION CHART
(View Facing Outlet)
Mounting positions are field adjustable.

Performance (*Bhp includes 4% drive loss)

Qty	Catalog Number	Flow (CFM)	SP (inwc)	Fan RPM	Power* (HP)	FEG
2	402QMX	36648	2.00	862	18.6	80

Altitude (ft): 0 Temperature (F): 70

Motor Information

HP	RPM	Volts/Ph/Hz	Enclosure	FLA	Position	Mounted
30	1725	460/3/60	TEFC -PE	40	A	Yes

NEMA Premium® efficiency motor per MG-1 (2014) Table 12-12
FLA based on NEC (2014) Table 430.250

Fan Information

Level	OVel(tpm)	Fan Mount	Access
2	2084	Horz. Floor	C

Sound Data Sound Power by Octave Band

	1	2	3	4	5	6	7	8	LWA	dBA
Inlet	86	88	87	85	83	80	74	67	88	76
Outlet	90	94	94	92	87	82	76	70	93	81

Accessories:

Premium Efficiency Motor (Min. 93.6%)
DRIVES (1.5 SF) @ 862 RPM
UL SMOKE CONTROL
HEAT SHIELD
ENCLOSED BELT TUNNEL
COPPER LUBELINE UPR

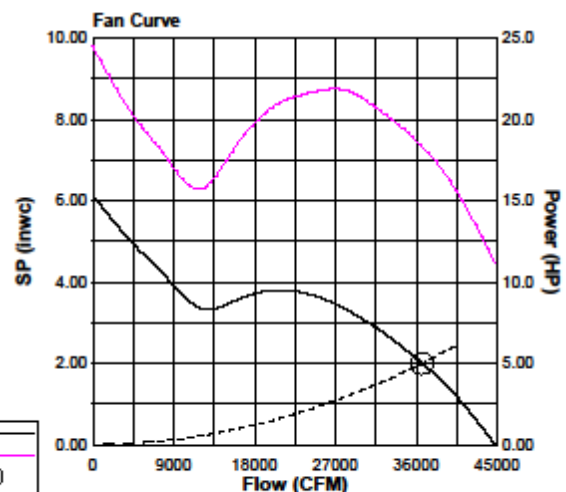
Dimensions (inches)

A	56-15/16
B	68-1/2
C	59-15/16
D	32-11/16
E	88-5/16
F	44
G	67-7/8
H	13/16

NOTE: Accessories may effect dimensions shown.

Weight(lbs)***	Shipping	3044	Unit	2847
----------------	----------	------	------	------

***Includes fan, motor & accessories.



Fan Curve Legend

CFM vs SP	—
CFM vs HP	- - -
Point of Operation	○
System Curve	—



COOK



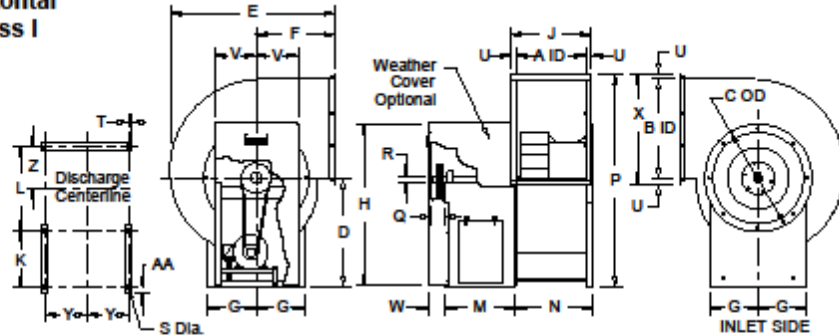
MARK: IC-01,02

PROJECT: ESCUELA NACIONAL DE CONTROL

DATE: 04/02/2019

CPS

Flat Blade Centrifugal Blower Clockwise Top Horizontal Arrangement 10, Class I

**Performance** (*Bhp includes 5% drive loss)

Qty	Catalog Number	Flow (CFM)	SP (Inwc)	Fan RPM	Power* (HP)	FEG
2	402 CPS	27500	1.20	762	13.7	85

Altitude (ft): 0 Temperature (F): 70

Motor Information

HP	RPM	Volts/Ph/Hz	Enclosure	Mounted
15	1725	380/3/60	TEFC -PE	Yes

Fan Information

Class	OVel(fpm)	Rotation	Discharge	Access
I	2922	CW	Top Horz.	9:00

Sound Data Sound Power by Octave Band

	1	2	3	4	5	6	7	8	LwA	dBA
Inlet	92	100	90	85	82	78	73	68	89	78
Outlet	93	99	92	89	85	80	75	69	91	80

Accessories:

DRIVES (1.5 SF) @ 762 RPM

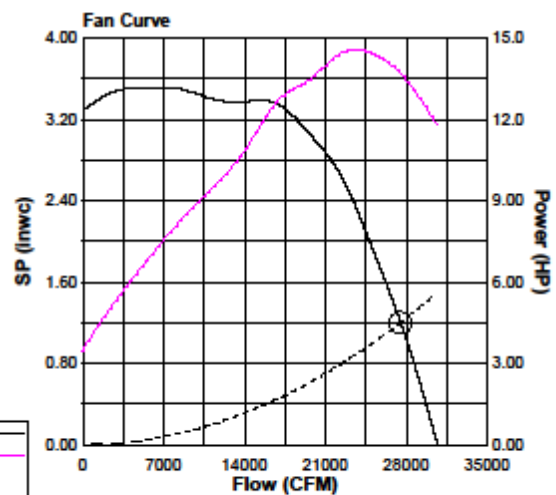
Dimensions (inches)

A	30-3/4	L	34-5/16	W	6
B	44-1/16	M	24-3/16	X	48-5/16
C	45-3/16	N	34-1/8	Y	18-13/16
D	46-3/4	P	92-5/8	Z	17
E	73-1/16	Q	5	AA	1-1/2
F	34-11/16	R	2-3/16		
G	19-13/16	S	13/16		
H	70-1/4	T	1		
J	34-15/16	U	2-1/8		
K	21	V	18		

NOTE: Accessories may affect dimensions shown.

Weight(lbs)***	Shipping	1839	Unit	1704
----------------	----------	------	------	------

***includes fan, motor & accessories.

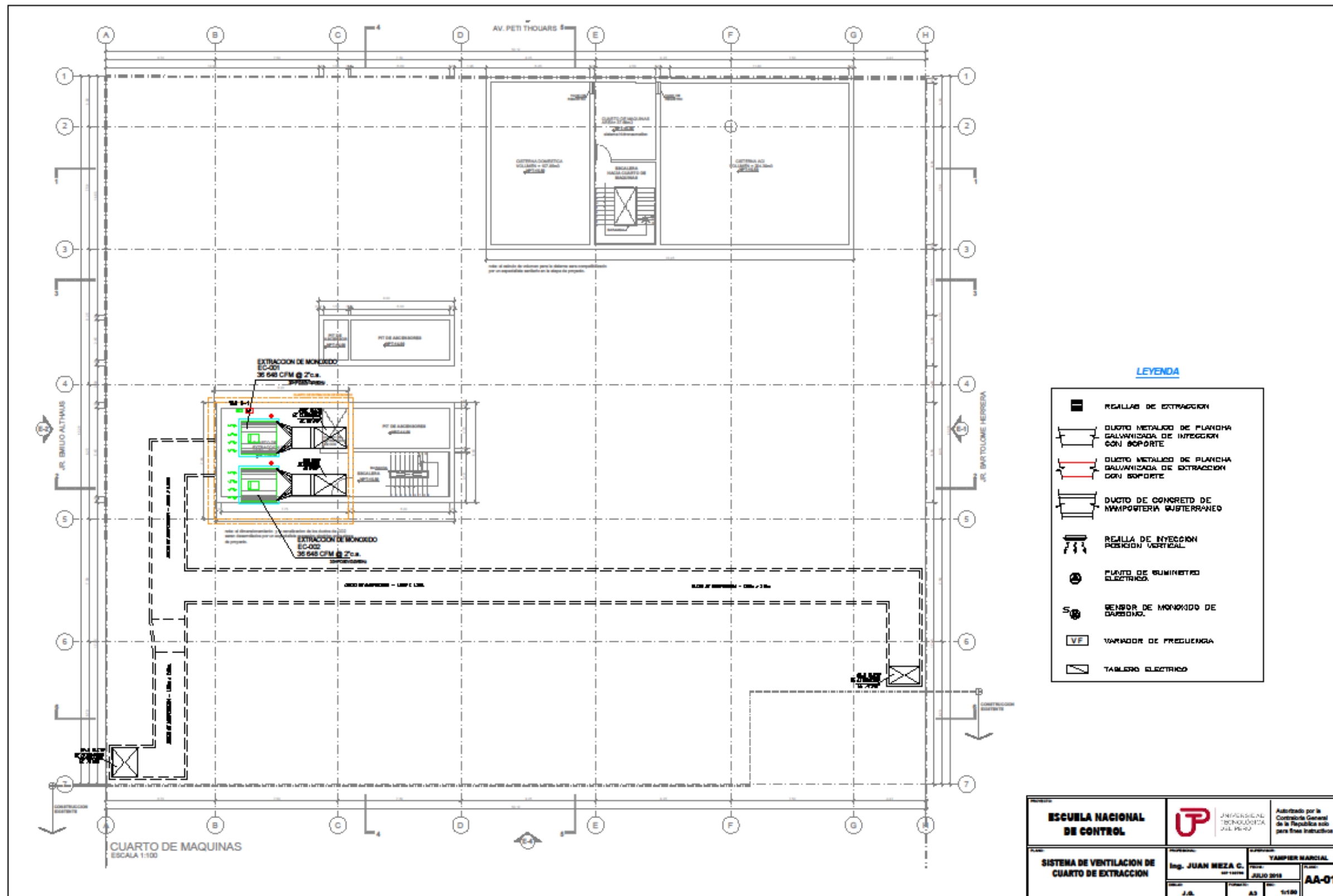


Fan Curve Legend

Full Curve Legend

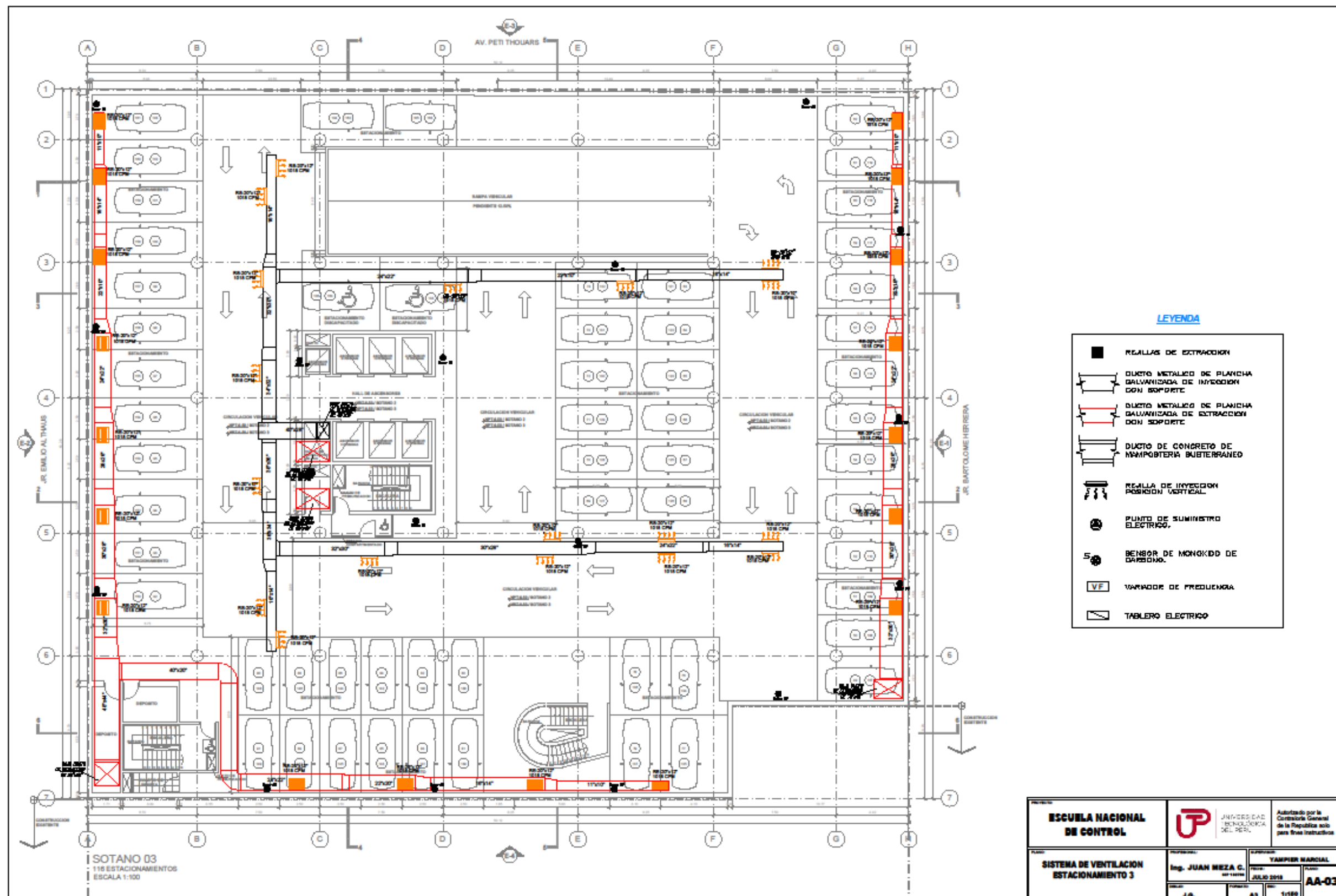
CFM vs SP	—
CFM vs HP	—
Point of Operation	○
System Curve	—

Anexo 17. Plano de desarrollo del sistema de extracción cuarto de equipos

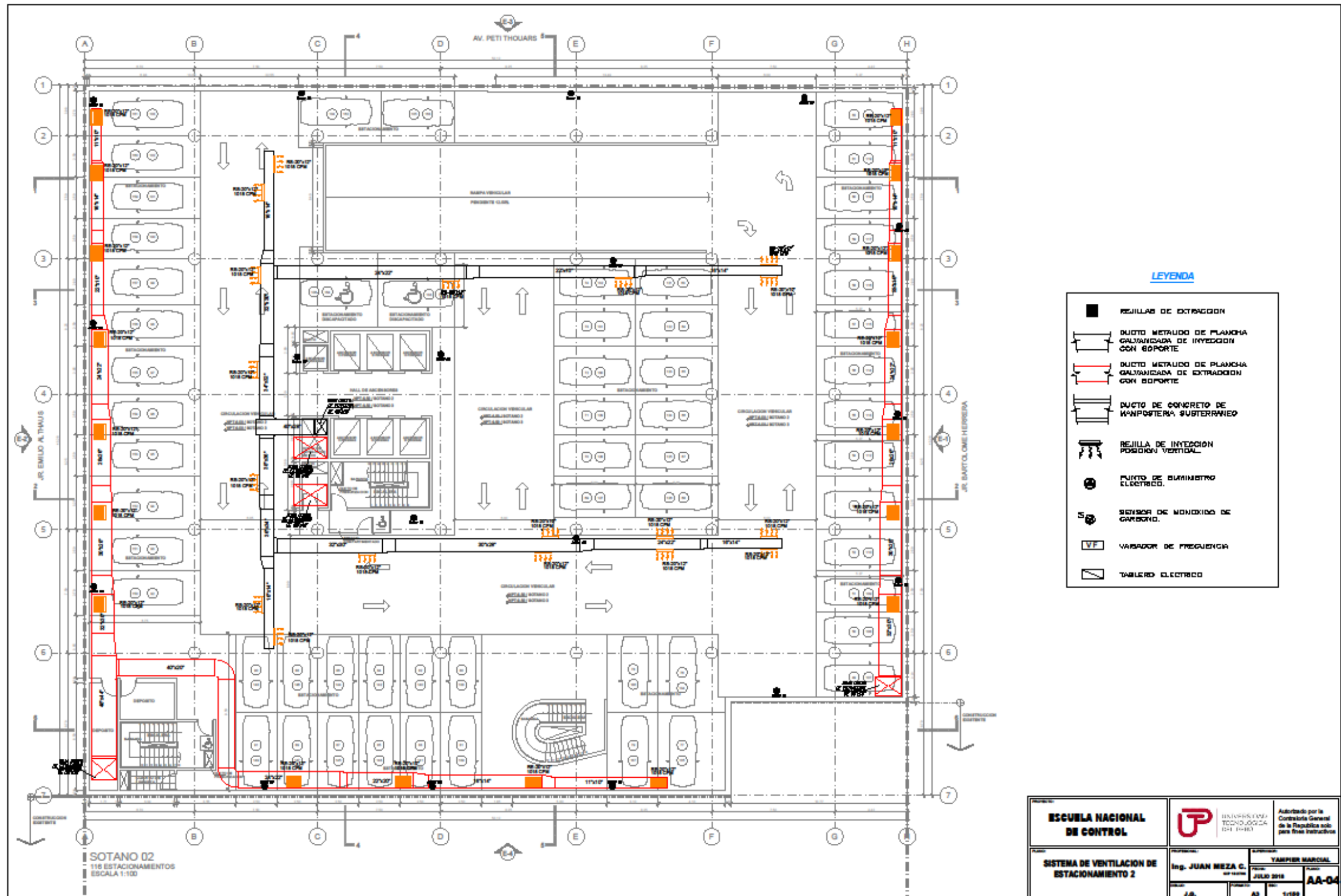


Anexo 18. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 4

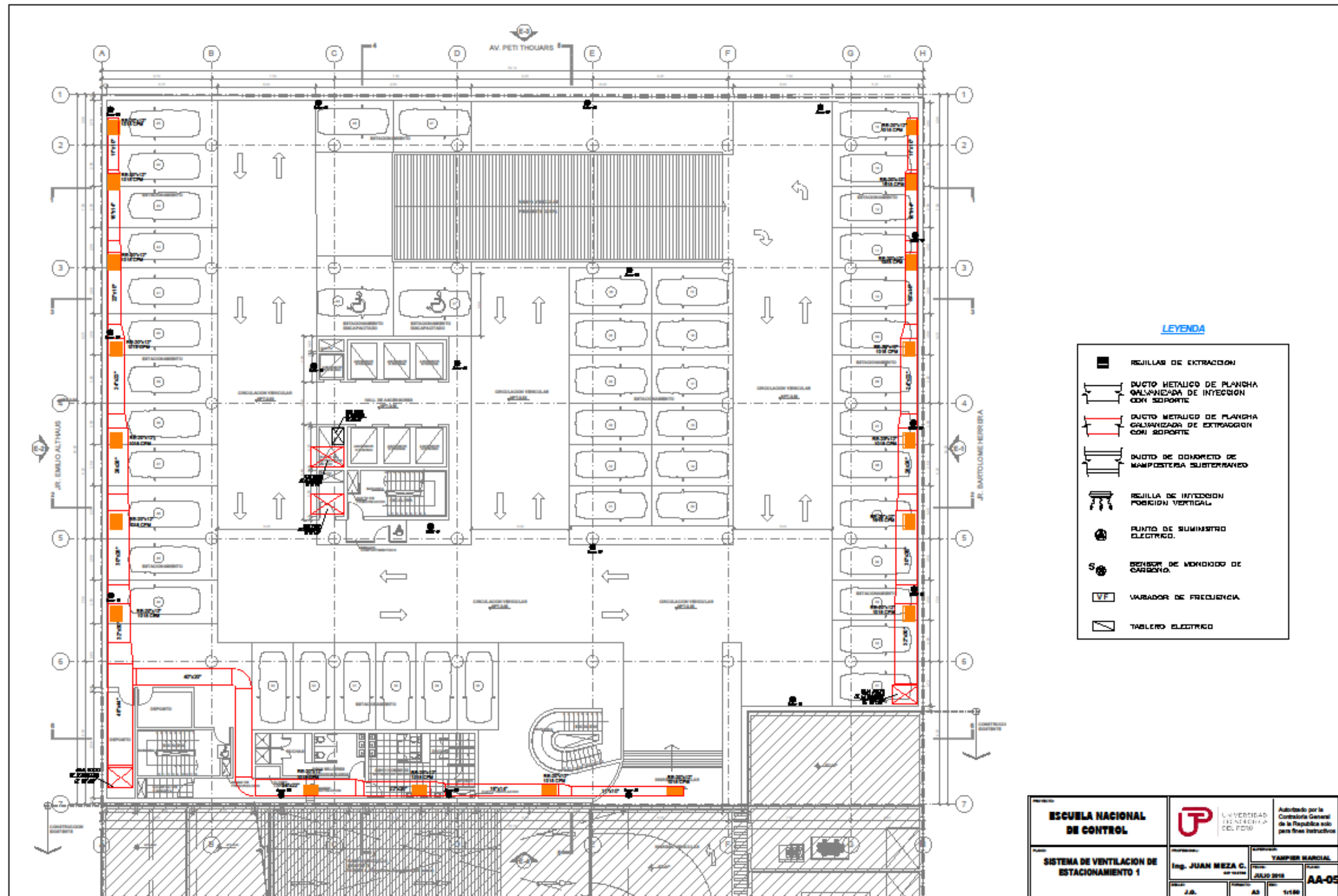
Anexo 19. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 3



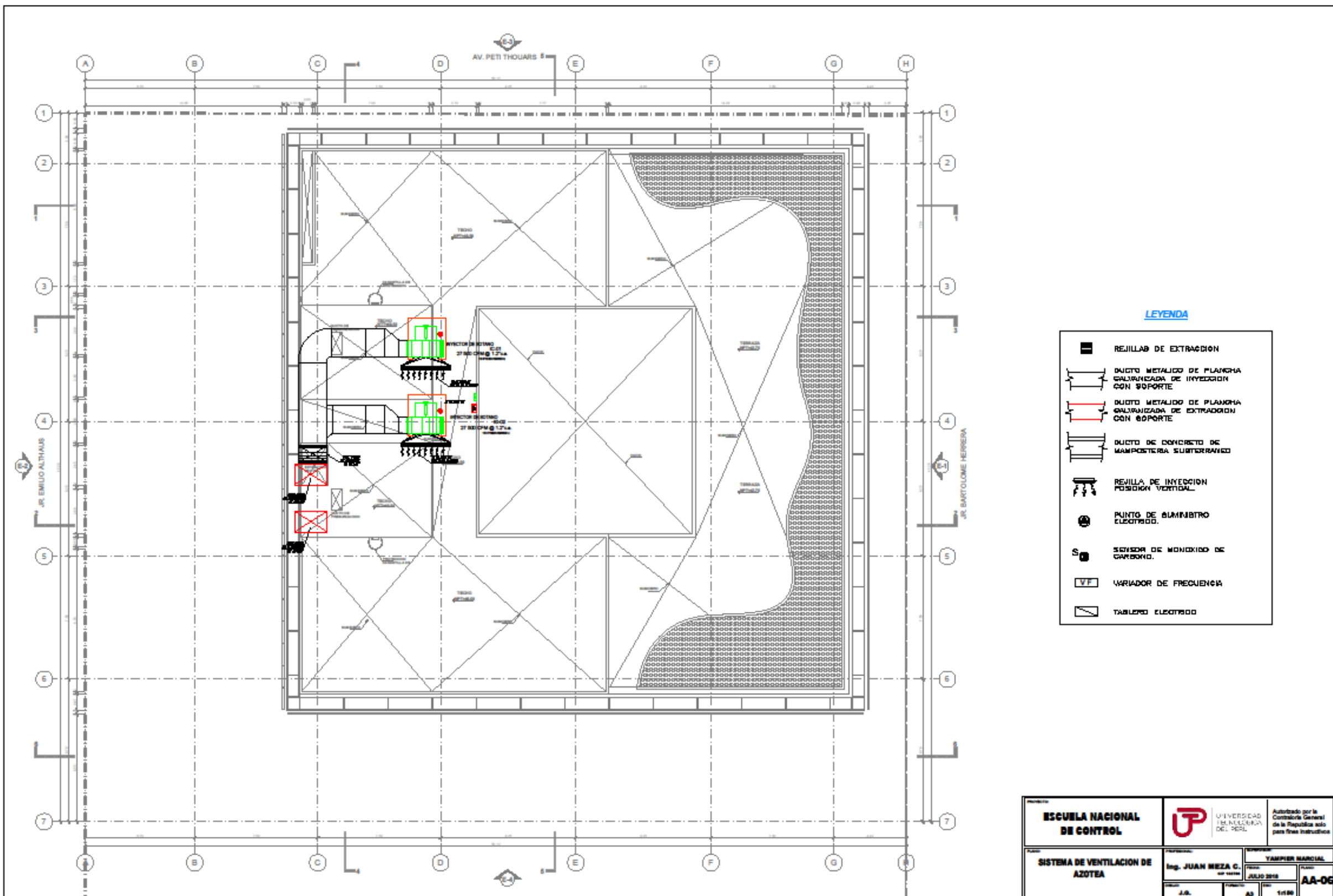
Anexo 20. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 2



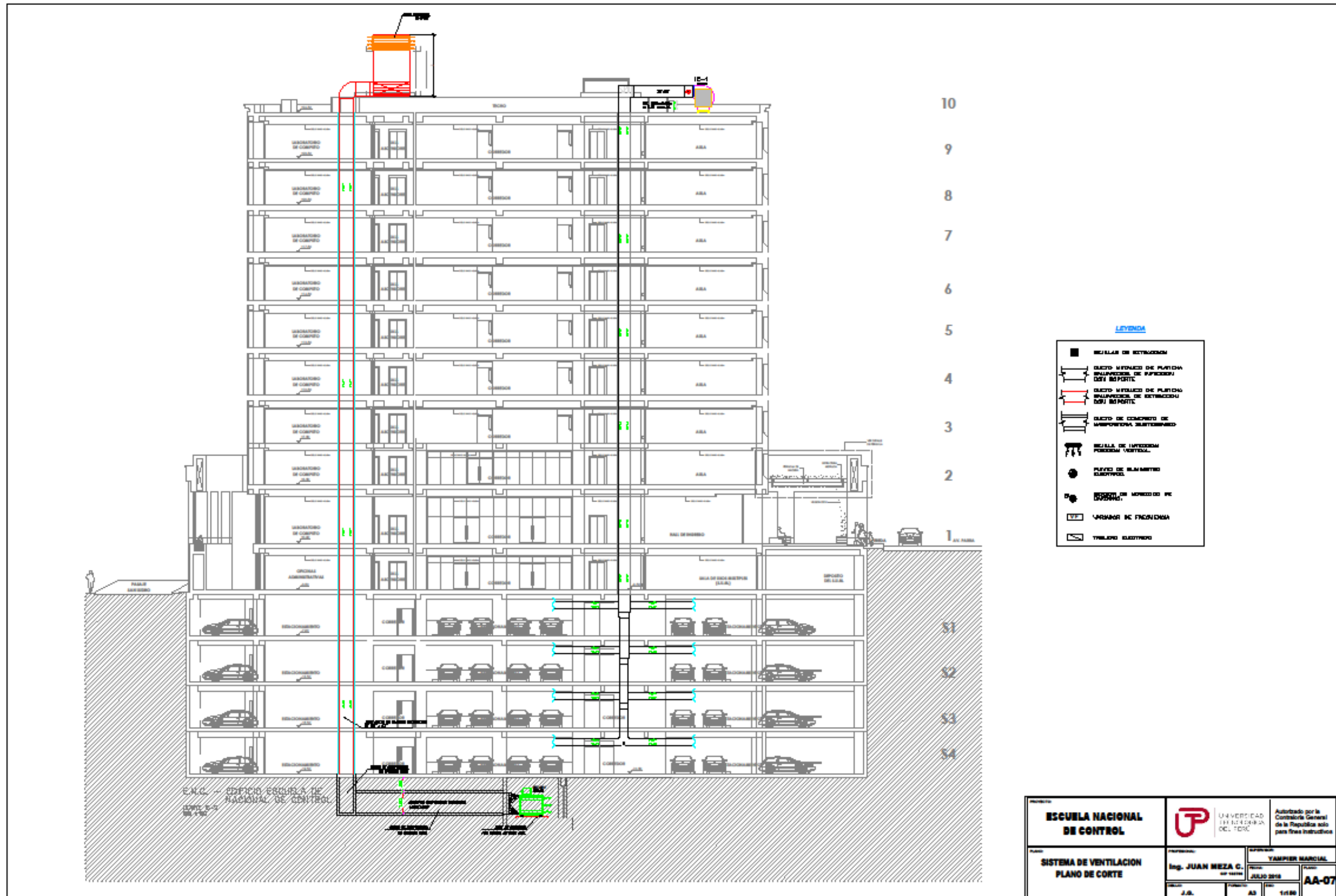
Anexo 21. Plano de desarrollo del sistema de extracción sótano 1



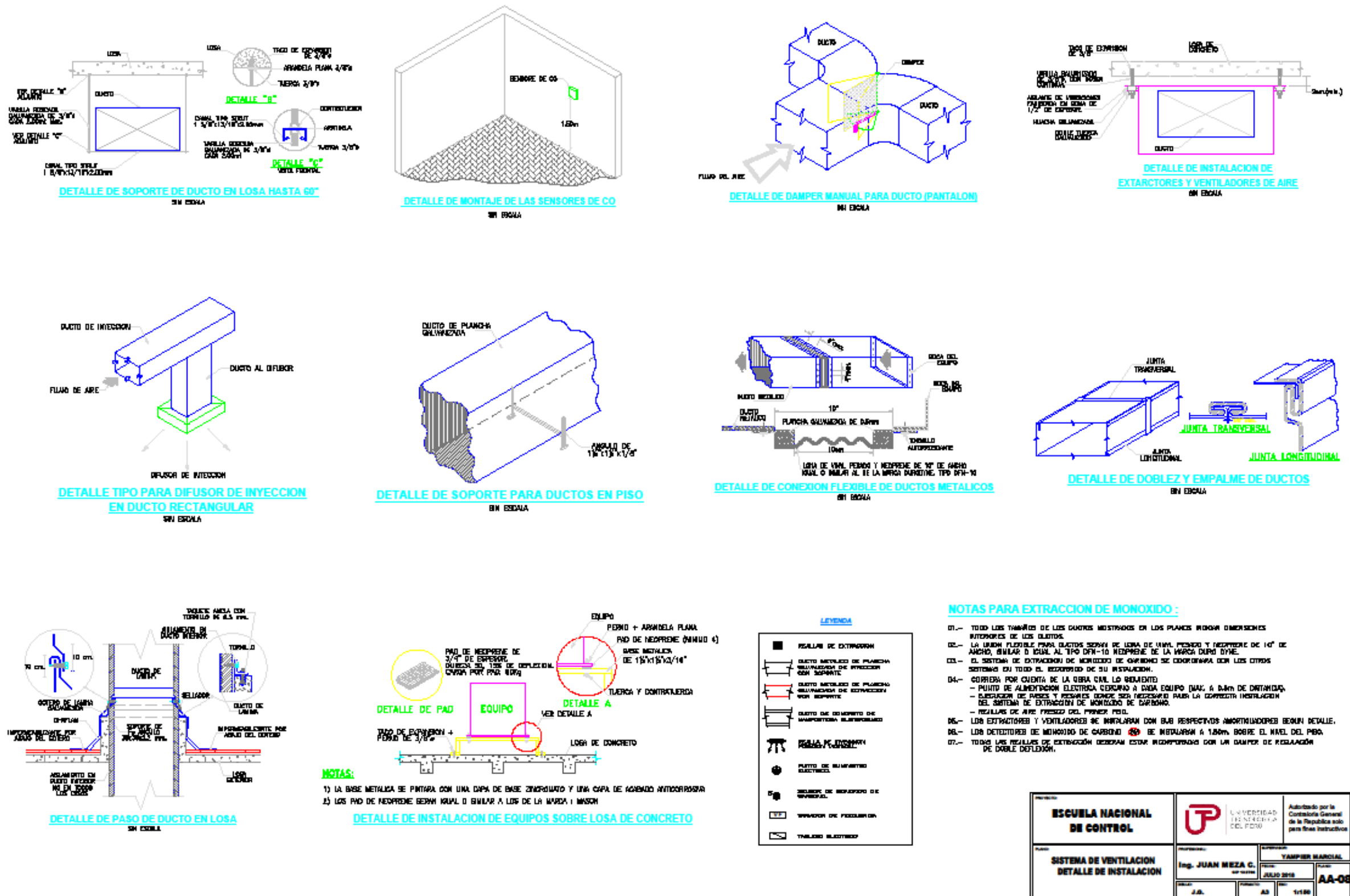
Anexo 22. Plano de desarrollo del sistema de extracción azotea



Anexo 23. Plano de corte del edificio




Anexo 24. Plano de detalles de instalación



Anexo 25. Protocolo de pruebas de equipos de ventilación



Anexo 26 Prueba de equipos de ventilación

	FORMATO		UEZU-ING-F-04	
	PRUEBAS DE EQUIPOS DE VENTILADORES		Versión: 01 Fecha: 02.01.17 Rev.: RED Aprob.: GG	

Cliente:	ESCUELA NACIONAL DE CONTROL		
Fecha:	30/12/2018	Hora :	10:00 a.m.

VENTILADOR CENTRIFUGO
 MARCA: LOREN COOK
 MODELO:402 CPS
 TIPO:CENTRIFUGO DE SIMPLE ENTRADA
 TRANSMISION:FAJA Y POLEA
 POTENCIA: 13HP
 ENERGIA:380V -3F-60 HZ
 SERIE:171149351007

INTRUMENTOS DE MEDICION PARA LAS PRUEBAS VENTILACION

A.- MULTIMETRO
 MARCA:METREL
 MODELO:MD 9070
 RANGO:0-1000 A
 RANGO:0-1000 A
 N° CERTIFICACION:LE-1136-2017

B.- DECIBELIMETRO
 MARCA: CONTROL COMPANY
 RANGO: 60 - 120 Db
 N° CERTIFICACION: 236485

MEDICIONES CORRIENTE - VOLTAJE

CORRIENTE DE TRABAJO (AMP)				
ACCESORIOS	MARCA	L1 (A)	L2 (A)	L3(A)
MOTOR	WEG	4.02	4.14	4.20

VOLTAJE DE EQUIPO (V)				
ACCESORIO	MARCA	L1 - L2	L2 - L3	L1 - L3
MOTOR	WEG	225	227	223

DBA				
MODELO VENTILADOR	MARCA	DISTANCIA DESDE EL MOTOR		
		3 MTS	6 MTS	9 MTS
PEG364	LOREN COOK	80	75	65

Protocolo de pruebas Conforme	SI	NO
Realizado por:	BILLY MOYA	

OBSERVACIONES : NINGUNA

Anexo 27. Protocolo de instalación de ductos

1. Objetivo

Definir los procedimientos y estándares para la instalación de instalación de ductos metálicos.

2. Alcance

Aplica a todas las obras de UEZU COMERCIAL S.A.C.

3. Desarrollo

Nº	Descripción
1	Coordinar con la parte civil para que habiliten los pases del sistema de ductos (inyección y extracción).
2	En los ductos de inyección y en extracción hacer quiebres a los tramos para que la lata no produzca vibración y no se comprima (esto en caso las dimensiones sean mayores a 20"). El espesor de la lata es de acuerdo a las dimensiones: Dimensiones de 12" a menos es 0.5 (26). De 13" a 30" 0.6 (24). De 31" a 54" 0.9 (20). De 55" a 84" 0.9 (20). Nota: Para espesores de menores de plancha de 0.5 mm.
3	Los ductos vienen en tamaños de 1.20mt. o de 2.40mt., y están amarrados por correderas a las cuales se les coloca auto perforantes en los lados, para que no se traslapen los ductos. Coloca siliconas en las correderas de los ductos.
4	Forrar los ductos de inyección y retorno con lana de vidrio de espesor de 1"1/2".
5	Anclar los ductos, para esto se procede a trazar las líneas por donde se colocará los tacos de expansión u otro tipo de anclaje. Los ductos deberán estar alineados.
6	Estando los ductos colocados en altura se procede con los andamios a empalmar las troncales y después los ramales con (auto perforantes y sellado con silicona).
7	Los difusores y rejillas se colocarán cuando se haya terminado con todo lo correspondiente a los tramos de ductos, para que estos no estén sucios a la hora de las pruebas finales.
8	Los ductos de inyección y retorno se empalmarán a los equipos Paquetes en sus respectivas posiciones según el diseño del proyecto.

Anexo 28. Protocolo de mantenimiento

1. Objetivo

Definir los procedimientos y estándares para el mantenimiento preventivo de equipos de aire acondicionado.

2. Alcance

Aplica a todos los mantenimientos que se realizan en el departamento de ingeniería de **UEZU COMERCIAL S.A.C.**

3. Desarrollo

N°	DESCRIPCIÓN
<u>Unidades ventiladores (Extractor)</u>	
1	Desconectar de la corriente eléctrica el equipo.
2	Desarmar la carcasa del extractor VCG, verificar el estado de los accesorios (rodete, bastidor, chumaceras, poleas y ejes de transmisión, motor eléctrico y filtro sintético)
3	Retirar el filtro sintético el cual deberá ser lavado con agua a presión y detergente para retirar la suciedad acumulada en el filtro.
4	realizar la limpieza del rodete retirando toda la suciedad impregnada, con brocha y trapos industriales,
5	Lubricar las chumaceras con grasa industrial para este trabajo se deberá emplear una graser.
6	Revisar el estado del motor eléctrico, retirando la tapa donde se encuentran las borneras de los cables de las bobinas, verificar la resistencia de las bobinas para ver el estado de estas para esto se deberá emplear un megohmetro, aplicar limpia contactos en las borneras del motor eléctrico, lijar las borneras sulfatadas y así evitar daños a futuro del motor. Limpiar con bocha toda la suciedad de la caja de parte eléctrica y limpiar toda la carcasa del motor.
7	Verificar el estado de las fajas para ver si se encuentran templadas o si hay que cambiarlas, también ver el estado de las poleas y ejes de transmisión para ver si se encuentran bien ajustadas o si se encuentran con desgaste mecánico. Si existe algún problema con estos se deberá coordinar para proceder a cambiarlos.
8	Verificar los componentes eléctricos del tablero como contactores, relés, borneras.

	Nota: realizar limpieza con limpia contactos y brocha.
9	Después de realizar la limpieza de todas las partes fijas y móviles del extractor se procede al armado para verificar el funcionamiento del motor verificando los parámetros adecuados.

Anexo 29. Programa de mantenimiento

Establecimiento : Escuela Nacional de Control
Equipo : IC-01,02 / EC-01,02

Nº	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PERIODO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2018-2019 (TRIMESTRES)											
		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.
01	Limpieza y engrase de polea motriz y conducida.				x			x			x		
02	Alineamiento de poleas y tensado de falas			x					x				x
03	Chequeo y limpieza del sistema de control de los equipos.				x					x			
04	Revisión y evaluación eléctrica de motor.			x				x				x	
05	Lubricación de rodamientos de motor.			x				x					x
06	Pintado de carcaza y hélice de ventiladores.						x						x
08	Alineamiento y limpieza de rodete					x						x	
09	Lubricación de rodamientos de chumacera				x				x				x
10	Chequeo de juntas ventiladores.					x						x	
11	Pruebas y funcionamiento de los equipos				x			x			x		